Technologische Encyklopädie

oder

alphabetisches Handbuch

der

Technologie, der technischen Chemie und des Maschinenwesens.

Begonnen von

Joh. Jos. R. v. Prechtl.

Fortgesetzt von

Karl Karmarsch,

Dr. ph., Direktor der polytechnischen Schule zu Hannover; Ritter des k. preuß. Rothen-Adler- und des k. hannov. Guelfen-Ordens, Comthur des k. k. österreich. Franz-Joseph-Ordens, Ritter des k. bayrischen St. Michaels-, des k. sächs. Verdienst-, des kais. französ. Ehrenlegion- und des k. norwegischen St. Olafs-Ordens; Mitglied der kais. Leopold. Carol. deutschen Akademie der Naturforscher; auswärt. Mitglied der k. schwedischen Akademie der Wissenschaften; Verdienstmitglied des Vereins zur Ermunterung des Gewerbsgeistes in Böhmen, Ehrenmitglied der k. Landwirthschaftsgesellschaft zu Celle, des großherzogl. hessischen Gewerbvereins, des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern, des Gewerbvereins für Nassau, der frankfurtischen Gesellschaft zur Beförderung der nützlichen Künste, des schwedischen Gewerbvereins, des sächs. Ingenieurvereins, korrespondirendem Ehrenmitgliede der Society of Arts zu London; Korrespondenten der k. k. geologischen Reichsanstalt zu Wien; korrespondirendem Mitgliede des niederösterreich. Gewerbvereins; rc. rc.

Fünfundzwanzigster Band

oder

Fünfter Supplementband.

Schießbaumwolle — Zwirn.

Mit Kupfertafeln 120 bis 138.

Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

1869.

Supplemente

zu

J. J. R. v. Prechtl's

Technologischer Encyklopädie.

Fünfter Band.

(Schießbaumwolle — Zwirn.)

Im Verein mit

Dr. Fr. Heeren und O. Grove, Professoren an der polytechnischen Schule zu Hannover; Prof. Dr. F. Stohmann in Halle; Prof. E. Hoyer in Riga; Prof. Fr. Kohl in Chemnitz,

herausgegeben von

Karl Karmarsch,

Dr. ph., Direktor der polytechnischen Schule zu Hannover; Ritter des k. preuß. Rothen-Adler- und des k. hannov. Guelfen-Ordens, Comthur des k. k. österreich Franz-Joseph-Ordens, Ritter des k. bayrischen St Michaels-, des k. sächs. Verdienst-, des kais französ Ehrenlegion- und des k. norwegischen St Olafs-Ordens; Mitglied der kais. Leopold. Carol. deutschen Akademie der Naturforscher; auswärt. Mitglied der k. schwedischen Akademie der Wissenschaften: Verdienstmitglied des Vereins zur Ermunterung des Gewerbsgeistes in Böhmen, Ehrenmitglied der k. Landwirthschaftsgesellschaft zu Celle, des großherzogl. hessischen Gewerbvereins, des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern, des Gewerbvereins für Nassau, der frankfurtischen Gesellschaft zur Beförderung der nützlichen Künste, des schwedischen Gewerbvereins, des sächs. Ingenieurvereins korrespondirendem Ehrenmitgliede der Society of Arts zu London; Korrespondenten der k. k. geologischen Reichsanstalt zu Wien; korrespondirendem Mitgliede des niederösterreich Gewerbvereins; rc rc.

Mit Kupfertafeln 120 bis 138.

Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

1869.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Augsburg.

Vorrede.

Wegen verschiedener äußerer Umstände verspätet, erscheint nunmehr der fünfte Supplementband zur Technologischen Encyklopädie, womit das ganze Werk seinen Abschluß erhält. Den treuen Mitarbeitern Dank sagend, fühlt der Herausgeber der Supplemente sich verpflichtet auch dem Publikum gegenüber nicht ohne ein rechtfertigendes, beziehungsweise entschuldigendes Nachwort zu scheiden. Es sind jetzt gerade vierzig Jahre verflossen seitdem der Unterzeichnete, sogleich bei Beginn der Encyklopädie, an dieser mitzuarbeiten anfing, und er ist von den Bearbeitern des ersten Bandes der einzige noch Lebende. Die beständige und im Ganzen sehr ausgedehnte Betheiligung an dem Werke hat ihm dasselbe in gewissem Sinne zu einem Stück seines eigenen wissenschaftlichen Lebens gemacht. Daher ging er, als ihm vor nun beinahe vierzehn Jahren die Besorgung von Supplementen zufiel, mit Liebe und besten Vorsätzen an die Lösung dieser Aufgabe, welche er sich nicht zu leicht dachte. Es kam darauf an, eine erhebliche Anzahl von Artikeln über Gegenstände zu bringen, welche theils bis dahin in dem Werke übersehen oder wissentlich ausgelassen, theils erst in der neuesten Zeit hervorgetreten waren. Daneben sollte durch Nachträge zu den schon vorhandenen Artikeln den neuern Fortschritten der Industrie Rechnung getragen werden. In beiden Beziehungen ist mancher Wunsch des Herausgebers unerfüllt geblieben, weil nicht immer

die sonst wohl bereitwilligen Arbeitskräfte über die nöthige Muße verfügen konnten und die Ersetzung gründlicher selbständiger Arbeiten durch mechanische Kompilationen gegen Absicht und Neigung stritt.

In Betreff der Nachträge war die Wahl zwischen zwei Verfahrungsarten gestattet: entweder im Geiste des Hauptwerks sie ausführlich zu geben, oder bloß zu skizziren und den Leser durch Angabe der Literatur auf die Quellen zu verweisen. Im ersten Falle erforderte die vollständige Durchführung weit mehr Raum als die zugelassenen fünf Bände darboten; im zweiten Falle wurde der extensiven Vollendung die intensive Bedeutung, ja bestimmt die Brauchbarkeit des Gelieferten zum Opfer gebracht. Unter Verwerfung des zweiten Weges hat man daher vorgezogen, die Nachtrags-Artikel in der Weise des Hauptwerks zu behandeln, aber ihre Anzahl nothgedrungen zu beschränken. Niemand kann mehr, als der Herausgeber selbst, fühlen daß hiernach manche Lücke geblieben ist: das Bewußtsein des guten Willens muß ihm als Trost nach innen und als Schild nach außen dienen!

Das alphabetische Register über die Gesammtheit der 25 Bände läßt die Reichhaltigkeit derselben erkennen und wird die Benutzung der Encyklopädie als Nachschlagewerk erleichtern.

Hannover, Anfang Novembers 1868.

Karl Karmarsch.

Inhalt.

Schießbaumwolle.

Im Jahre 1833 entdeckte Braconnot das Xyloïdin, indem er Stärke in Salpetersäure löste und darauf durch Wasser niederschlug. Es war ein weißes geschmackloses Pulver, welches, auf 180° erhitzt, sich entzündete und langsam ohne Rückstand verbrannte.

Pelouze machte 1838 das Xyloïdin zum Gegenstande einer ausführlichen Arbeit. Er stellte es dar, indem er Stärke mit Salpetersäure von 1,5 sp. G. mischte und nach einigen Minuten, wenn sie aufgelöst war, Wasser zufügte um das Xyloïdin zu fällen. Er zeigte, daß es in einer Verbindung der Stärke mit den Elementen der Salpetersäure bestehe und bemerkt, daß es bei 180° Feuer fange und ohne Rückstand verbrenne. Er führt an, daß Papier in Salpetersäure von 1,5 getaucht und bis zur vollständigen Durchdringung 2—3 Minuten darin gelassen, sodann mit vielem Wasser gewaschen, eine Art Pergament bilde, welches für Feuchtigkeit undurchdringlich und sehr leicht verbrennlich sei. Aehnlich verhalte sich Leinwand und Baumwollenzeug. Er sagt dabei, „diese Eigenschaft hat mich zu einer Erfahrung geführt, welche, wie ich glaube, einige Anwendung und namentlich in der Artillerie finden könnte.“ Er scheint aber hierbei nur die Anwendung zu den Hülsen der Patronen im Auge gehabt, keineswegs aber daran gedacht zu haben, das Xyloïdin selbst dem Pulver zu substituiren, wie er denn auch in einer spätern Arbeit ausdrücklich sagt, er „habe früher keinen Augenblick geglaubt, daß das Xyloïdin eine Benutzung in den Feuerwaffen haben und das Pulver verdrängen könne. Das Verdienst, diese Anwendung gemacht zu haben, gebühre allein Hrn. Schönbein.“ Es ist überhaupt sehr zweifelhaft, ob die von Pelouze dargestellten Präparate

hinreichend wirksam waren, um statt Pulver gebraucht werden zu können, denn er bediente sich dazu der im Handel vorkommenden starken rauchenden Salpetersäure, welche aber, wie von Otto gezeigt ist, nicht die zur Darstellung einer wirksamen Schießbaumwolle erforderliche Stärke besitzt. Nur eine, besonders für diesen Zweck mit großer Vorsicht bereitete, im höchsten Grade konz.ntrirte Salpetersäure liefert ein brauchbares Produkt.

Die Entdeckung der Schießbaumwolle durch Schönbein fällt in das Jahr 1846. Das von ihm anfänglich geheim gehaltene Verfahren wurde sehr bald von Böttger gefunden, worauf sich beide zur gemeinschaftlichen Ausbeutung der neuen Erfindung verbanden. Gleich darauf veröffentlichte Otto eine von ihm aufgefundene Methode zur Darstellung von Schießbaumwolle, die darin bestand, Baumwolle etwa eine halbe Minute lang in höchst konzentrirte Salpetersäure, durch Destillation von 10 Th. trockenem Salpeter mit 6 Th. Eisenvitriol bereitet, zu tauchen, sodann sorgfältig auszuwaschen und zu trocknen. Nachdem gleichzeitig von Karmarsch und dem Verfasser dieses Artikels einer- und Knop in Leipzig andererseits eine wesentliche Erleichterung dadurch herbeigeführt war, daß sie statt bloßer Salpetersäure eine Mischung von gewöhnlicher rauchender Salpetersäure und Vitriolöl anwandten, in welcher das letztere durch Wasseranziehung die erstere auf den höchsten Grad der Konzentration bringt, erfuhr die Bereitung der Schießbaumwolle eine solche Vereinfachung, daß sie Jedermann zugänglich wurde; und wenn auch später Einzelnes vervollständigt oder verbessert worden, so ist doch eine wesentliche Aenderung in der Darstellungsweise nicht weiter erfolgt.

Den Erfindern Schönbein und Böttger soll am 1 Oktober 1846 von Seiten des Deutschen Bundes eine Belohnung von 100,000 Gulden für den Fall in Aussicht gestellt worden sein, daß sich die Erfindung bei der von einer Militär-Kommission unter Zuziehung der Festungsbehörden von Mainz vorzunehmenden technischen Prüfung in jeder Beziehung als geeignet bewähre, das Schießpulver nicht nur vollkommen zu ersetzen, sondern auch noch mehrere Vortheile vor demselben darzubieten. Die Resultate dieser Versuche sollen den allerdings übertrieben hochgespannten Anforderungen nicht völlig entsprochen haben, so daß den Erfindern nur ein Theil jener Summe zuerkannt sein soll.

Unter Schönbeins Leitung, der für England ein Patent genommen hatte, wurden zu Stanmore in Gegenwart vieler Sachverständiger vergleichende Versuche angestellt. Während eine mit $54\frac{1}{2}$ Gran gewöhnlichen Pulvers geladene Büchse eine Kugel in 40 Yards Entfernung durch 7 Bretter von 1 Zoll Stärke trieb, schlug bei Anwendung von 40 Gran Schießbaumwolle und in 90 Yards Entfernung die Kugel durch 8 gleiche Bretter. Die in Woolwich angestellten Experimente mit schwerem Geschütz ergaben gleichfalls sehr günstige Resultate, in deren Folge alsbald eine Fabrik von Schießbaumwolle in Faversham angelegt wurde.

Ueberall verbreitete sich mit Riesenschnelligkeit der Gebrauch aber auch die Fabrikation der Schießbaumwolle, welche beide vielfache Unglücksfälle herbeiführten, da nicht selten in Folge unzweckmäßigen Ladens und der zersprengenden Wirkungsweise Gewehre gesprengt wurden und auch mehrere Fabriken in die Luft flogen. So wurden von der genannten Fabrik zu Faversham zwei Häuser zertrümmert, in denen sich ungefähr 200 Pfd. trockener Schießbaumwolle, an Wirkung etwa 600 Pfd. Pulver gleichkommend, befanden. Die Zerstörung überstieg alle Begriffe. Die zwei Häuser selbst wurden buchstäblich in Atome zerstäubt, die Erde umher 5—6 Fuß tief aufgewühlt, die umstehenden Bäume entwurzelt und zerbrochen. Von den in der Fabrik beschäftigten 70 Arbeitern waren glücklicherweise nur 21 in den beiden Häusern, welche sämmtlich getödtet und so zerfetzt wurden, daß man nur 10 Leichen mit Sicherheit wieder erkennen konnte. Außerdem wurden noch 16 Arbeiter schwer verwundet und Einer starb nachträglich beim Ausgraben der Leichen aus dem Schutte in Folge des Einathmens von salpetrigsauren Dämpfen, welche sich durch die Zertrümmerung der Vorrathgefäße von Salpetersäure und Schwefelsäure in großer Menge erzeugten. Der Knall wurde einem dumpfen fernen Donner ähnlich 19 engl. Meilen weit gehört. Ein in einer Entfernung von 60 Fuß von der Schießwollfabrik befindliches Pulvermagazin, in welchem 136 Fässer Pulver aufbewahrt wurden, blieb unbeschädigt, wahrscheinlich in Folge der hohen Erdwälle, mit denen es umgeben war, doch wurde der der Fabrik zunächst liegende Theil des Erdwalls durch die Gewalt der Explosion eingedrückt und auf das Magazin geworfen. Das Eintreten dieser Explosion mußte um so mehr überraschen, als man

alle in Pulverfabriken üblichen Vorsichtsmaßregeln genau befolgte und die Wolle bei einer 50° C. nicht übersteigenden Temperatur trocknete.

Ein zweiter Unglücksfall ereignete sich in der Raketenfabrik von Wade in Westham. Man wollte eine Rakete aus Schießwolle in der Kraft einer 12pfündigen Congreve'schen Rakete anfertigen und rammte zu dem Ende die Wolle durch ein Fallwerk mit einem Gewichte von 36 Pfd., welches von einer Höhe von 10 Fuß herabfiel, in eine Hülse ein, indem man je eine Unze davon durch 40 Schläge einpreßte, nachdem man sie zuvor einem Druck von 60 Ctrn. ausgesetzt hatte. Es waren auf diese Weise bereits 2 Pfd. Schießbaumwolle in die 18 Zoll lange und 2½ Zoll weite Hülse durch 1190 Schläge eingebracht worden, und man beabsichtigte, derselben auf Anordnung des Werkführers zum Schluß noch 10 Schläge zu ertheilen, als beim ersten dieser Schläge eine Explosion erfolgte, welche so heftig war, daß die drei dabei beschäftigten Arbeiter getödtet und die Wände des Hauses auseinander getrieben wurden.

Minder gefährlich als Stoß und Schlag scheint die Anwendung eines ruhigen Druckes zu sein. So drückte Letheby 300 Gran Schießbaumwolle mittelst einer starken Schraubenpresse bis zu dem Volumen eines Kubikzolles zusammen, ohne daß eine Explosion erfolgte.

In Berlin explodirte 1846 in einem Kellerraum eine Parthie Schießbaumwolle, welche das Kellergewölbe auseinander sprengte und 3 Personen schwer verletzte. Ein ähnlicher Fall ereignete sich in einem Laboratorium zu Königsberg mit 6 Loth Schießbaumwolle, die bei 70° C. in einem Wasserbade getrocknet wurden. Die Explosion war von einem heftigen Knalle begleitet und es wurden nicht nur die Fensterscheiben, sondern auch die hölzernen Rahmen der Fenster zertrümmert. Am 17. Juli zerstörte die ohne bekannte Veranlassung stattfindende Explosion von 1600 Kilogramm Schießbaumwolle die Fabrik in Bouchet vollständig. Mauern von ½ bis 1 Meter Dicke wurden von oben bis unten zerstäubt und die schwersten Gegenstände auf weite Entfernungen fortgeschleudert. Aehnliche Explosionen fanden in Dartford in England, in Sachsen und an andern Orten statt. In einem Magazin in der Nähe von Vincennes, in

welches seit Tagen niemand gekommen war, explodirte Schießbaumwolle.

Wenn auch nach Otto's Veröffentlichung die Erfinder ihr Geheimniß zu bewahren und den Glauben zu verbreiten suchten, ihr Verfahren sei ein wesentlich anderes, so hat sich doch nachher gezeigt, daß diese Abweichung eben nur in der Anwendung von Salpeter-Schwefelsäure bestand, welche aber, wie angegeben, sehr bald von Andern aufgefunden und veröffentlicht wurde.

Artus in Jena bereitete explosiven Flachs, Grüel in Berlin explosives Papier, aus welchem er kleine Luftballons anfertigte, die, mit Leuchtgas gefüllt und mit einem Zünder versehen, in der Höhe plötzlich verbrannten. Selbst fertige Gewebe von Baumwolle und Leinen wurden in den explosiven Zustand versetzt, ohne doch die lockere ungesponnene Baumwolle verdrängen zu können.

Versuche, die Schießbaumwolle zu Sprengungen zu benutzen, wurden schon zu Ende Oktober 1846 im Tunnel von Laufen (Württembergische Eisenbahn) angestellt, wobei der achte, selbst zehnte Theil des sonst erforderlichen Pulvergewichtes zu gleichem Effekt hinreichte. Nach den zahllosen Schießversuchen, welche in der damaligen Zeit die Anwendbarkeit der Schießbaumwolle erprobten, besitzt sie bei gleicher Gewichtsmenge die 2½ bis 3fache Kraft des gewöhnlichen Pulvers, aber schon Versuche, welche der Kriegsrath von Zürich am 8 November anstellen ließ, gaben in so fern ein ungünstiges Resultat, als der Schuß bei genau ganz gleicher Ladung nie eine gleiche Kraft und Sicherheit besaß. Von mehr als 100 Schüssen hatten kaum zwei gleiche Stärke, und während mit Pulver auf 1000 Fuß die Scheibe sicher getroffen wurde, konnte einer der besten Schützen schon bei 250 Fuß mit Baumwolle nicht mehr sicher schießen. Als Grund hiervon erkannte man bald den beim Laden unvermeidlichen ungleichen Grad der Kompression der Baumwolle, der bei ihrer Kraftentwicklung einen hervorragenden Einfluß übt.

Bereitung der Schießbaumwolle. Von einzelnen besonderen Abänderungen, welche später angeführt werden sollen, abgesehen, kommt die Bereitung darauf hinaus, eine Mischung von rauchender Salpetersäure mit etwa einer gleichen Gewichtsmenge rauchender Schwefelsäure zu machen und so viel gut gereinigte Baumwolle hinein zu bringen, daß dieselbe, durch Drücken und Quetschen

von aller anhängenden Luft befreit und von der Säure vollständig durchtränkt, von derselben noch bedeckt werde und nirgends aus ihr hervorrage. Statt rauchender Schwefelsäure kann auch die gewöhnliche englische zur Anwendung kommen, doch ist dann die doppelte Gewichtsmenge von jener der Salpetersäure zu nehmen, woraus zugleich der Vortheil eines vermehrten Volumens, mithin die Möglichkeit erwächst, eine größere Menge Baumwolle einzubringen. Nachdem die Baumwolle etwa 5 Minuten in der Säure verweilt, gießt man dieselbe ab, sucht durch Drücken mit einem Porzellan- oder Glaspistill die noch eingeschlossene Säure so gut wie möglich auszudrücken, um sie bei einer nächsten Operation wieder zu benutzen, wirft die Baumwolle in ein geräumiges mit Wasser gefülltes Gefäß und sucht sie, zuerst mit Hülfe von Holzstäbchen, später mit den Händen möglichst auseinander zu zupfen und in dem Wasser zu zertheilen, um die anhängende Säure vorläufig zu entfernen. Zu dieser ersten Waschung kann ohne Nachtheil selbst hartes kalkhaltiges Brunnenwasser zur Anwendung kommen, wogegen die folgenden Waschungen mit Regen- oder destillirtem Wasser auszuführen sind, weil sich sonst, wie es scheint in Folge des Kalkgehaltes, die Schießbaumwolle gelb färbt. Nach dieser ersten Waschung müssen nun wiederholte Waschungen mit oft erneuerten Wassermengen vorgenommen und so lange fortgesetzt werden, bis ein Pröbchen der Wolle zwischen blauem Lackmuspapier gedrückt, dasselbe nicht im geringsten mehr röthet. Ist dieser Punkt erreicht, so drückt man das letzte Wasser heraus, zupft die Baumwolle möglichst vollständig auseinander, eine allerdings recht langwierige Arbeit, und trocknet sie schließlich in einem nur mäßig erwärmten Trockenschrank oder in einem geheizten Zimmer, wobei aber die Temperatur nicht 50° C. übersteigen sollte.

Die abgepreßte Säure kann zwar bei einer folgenden Operation wieder mit zugenommen werden, doch ist es rathsam dann etwas rauchendes Vitriolöl zuzusetzen, um der Verdünnung durch das aus der Substanz der Baumwolle austretende Wasser entgegen zu wirken.

Eigenschaften der Schießbaumwolle. Die fertige Schießbaumwolle ist im äußern Ansehen von roher Baumwolle nicht zu unterscheiden, doch gibt sie sich beim Angreifen durch eine gewisse

Steifigkeit und ein knirschendes Gefühl beim Drücken leicht zu erkennen. Ein zwischen den Fingern leicht zusammengeballtes Kügelchen auf ein Blatt Papier gelegt und mit einem glimmenden Holzspan berührt, verbrennt heftig mit puffendem Geräusch und gelber Flamme, ohne auf dem Papier irgend einen Rückstand zu hinterlassen und ganz ohne Rauch, jedoch unter Verbreitung eines sehr bemerklichen Geruches nach salpetriger Säure. Als Beweis der außerordentlichen Schnelligkeit, mit welcher die Verbrennung von Statten geht, dient der Versuch, Schießpulver auf ein Brett zu streuen, Schießbaumwolle darauf zu legen und zu entzünden, wobei das Pulver unverbrannt zurückbleibt. Auf einen Amboß gelegt und mit dem Hammer geschlagen explodirt sie mit heftigem Knall. Nur im völlig trockenen Zustande besitzt sie Explosionsfähigkeit und selbst ein sehr geringer, kaum bemerklicher Grad von Feuchtigkeit bewirkt, daß sie entweder gar nicht oder doch jedenfalls nur langsam und unvollständig verbrennt. Es kommt daher bei frisch getrockneter Schießbaumwolle mitunter vor, daß beim versuchsweisen Verbrennen auf Papier einzelne Partien ganz unverbrannt zurückbleiben.

Wird Schießbaumwolle fest zusammengepreßt, z. B. in eine Papierhülse eingestampft und sodann entzündet, so verbrennt sie nur langsam, mitunter selbst ohne alle Feuererscheinung, aber mit zischendem Geräusch, wogegen eine gleiche Hülse mit locker eingebrachter Schießbaumwolle gefüllt und entzündet mit starkem Knall gesprengt wird. Dieses Verhalten scheint dem in Gewehren, wo fest geladene Schießbaumwolle stärker (bis zum Zersprengen des Rohrs) wirkt als weniger stark komprimirte, zu widersprechen; doch ist zu berücksichtigen, daß bei Perkussionszündung der Feuerstrahl kräftig genug ist, selbst die festgestampfte Baumwolle zu durchdringen und überall gleichzeitig zu entzünden. Bei dem oben angeführten Fall in der Raketenfabrik mag es der heftige Stoß gewesen sein, der die Explosion der verdichteten Masse herbeiführte.

Die vielen zur Bestimmung der Entzündungstemperatur angestellten Versuche mögen schon deshalb bedeutend abweichende Resultate gegeben haben, weil die Qualität der Schießbaumwolle der verschiedenen Bereitungsweise nach eine verschiedene sein kann. Nach Beobachtungen von Kaiser erfolgt bei Schießbaumwolle vorzüglicher Qualität die Explosion bei 180° C.; Schönbein und Böttger

fanden, daß sie, im Oelbade erhitzt, bei 130° noch nicht explodirte, daß aber bei 150° in 12 Minuten, bei 170° in 30 Sekunden, bei 200° in 12 Sekunden, bei 230° augenblicklich Explosion erfolgte. Payen beobachtete in einem warmen Luftstrom schon bei 30°, Piobert bei 70 bis 80° Entzündung. Marx fand, daß Schießwolle, auf dem Boden eines Glasröhrchens so rasch erhitzt, daß die Temperatur in der Minute um 12,5° stieg, zuweilen schon bei 62,5°, meistens bei 95° explodirte.

Schießbaumwolle in der beschriebenen Weise bereitet, ist sowohl im Schwefeläther wie im Weingeist, auch in einer Mischung beider unlöslich, wogegen das durch eine abgeänderte Bereitungsart, nämlich bei Anwendung eines Gemisches von getrocknetem Salpeter und Vitriolöl gewonnene Produkt sich in Aether-Weingeist mehr oder weniger schnell und vollständig löst. Diese unter dem Namen Kollodium bekannte Lösung wird im Verlauf des vorliegenden Artikels noch besprochen werden, nur sei schon jetzt bemerkt, daß eine leicht lösliche Kollodiumwolle als Schießwolle unbrauchbar, und umgekehrt, daß eine gute Schießbaumwolle zur Kollodiumbereitung untauglich ist.

Schießbaumwolle löst sich in kaltem Vitriolöl von 1,83 sp. G. schwieriger als Baumwolle, leichter dagegen in schwächerem Vitriolöl von 1,4 bis 1,7. In heißer Salzsäure löst sie sich unter Zersetzung. Mit wässerigem Schwefelwasserstoff-Ammoniak erhitzt zersetzt sie sich so, daß sie nach dem Waschen und Trocknen nicht mehr explodirt.

Kali- und Natronlauge bewirken schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam, in der Wärme schneller die Lösung der Schießbaumwolle unter Bildung der entsprechenden salpetersauren Salze.

Mit einer Lösung von Eisenchlorür erwärmt kehrt sie unter Entwicklung von Stickoxydgas und Bildung von Eisenchlorid in den Zustand gewöhnlicher Baumwolle zurück. Mit einer wässerigen Lösung von übermangansaurem Kali gekocht, wird sie unter Bildung von Salpeter zerlegt.

Mit Zweifach-Jodkalium, hierauf mit einer Mischung von 1 Vitriolöl und 4 Wasser befeuchtet, wird Schießbaumwolle nach einiger Zeit gelb, unveränderte Baumwolle dagegen blau gefärbt.

Mit Kampher, fetten Oelen, Wachs und Harzen erhitzt bildet sie unter Entwicklung salpetriger Säure ein dunkelbraunes Liquidum.

Sie ist unlöslich in Eisessig und Chloroform, sowie in Aether, Benzol und flüchtigen Oelen.

Bei längerer Aufbewahrung tritt Selbstentmischung ein, wie vielfach beobachtet worden. Es entwickelt sich dabei salpetrige Säure, die sich durch den stechenden Geruch, zuweilen, in verschlossenen Gläsern selbst durch die gelbe Farbe zu erkennen gibt; die Schießbaumwolle wird dabei feucht, zwischen den Fingern leicht zerreiblich und hat alle Wirksamkeit verloren. In wie fern vielleicht ein mangelhaftes Auswaschen, also ein Rückstand von Schwefelsäure dabei mitwirkend gewesen sein mag, ist nicht mit Bestimmtheit zu sagen, indessen scheint auch die bestbereitete Schießwolle diesem Zersetzungsprozeß, welcher allein schon hinreichen würde, jeden Gedanken an eine Konkurrenz mit dem Schießpulver zu beseitigen, unterworfen zu sein. Ueber die freiwillige Zersetzung der Schießbaumwolle sind die folgenden Versuche von de Luca angestellt: Es zeigte sich, daß die Aufbewahrung derselben in Behältern, welche vor dem Licht geschützt sind, die freiwillige Zersetzung nicht immer verhindert, besonders wenn feuchte Luft in den Behälter treten kann. Hat die Zersetzung unter langsamer Entwicklung von rothen Dämpfen einmal begonnen, so läßt sie sich nicht mehr aufhalten. Durch Einwirkung des Lichtes wird diese freiwillige Zersetzung sehr erleichtert, noch mehr durch die des direkten Sonnenlichtes oder der künstlichen Wärme. Eine Probe Schießbaumwolle, welche im Dunkeln eine anfangende Zersetzung erlitten hatte, ward in 4 Portionen getheilt. Eine derselben blieb im Dunkeln; eine zweite wurde dem zerstreuten Licht eines chemischen Laboratoriums, die dritte der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen und die vierte in einem Wasserbade einer Wärme von wenig über 50° ausgesetzt. Während die direkte Wärme eine lebhafte Einwirkung auf die Schießbaumwolle hervorbrachte, wirkte das Sonnenlicht weniger energisch; das zerstreute Licht übte eine sehr langsame Wirkung aus und die im Dunkeln aufbewahrte Probe zersetzte sich äußerst langsam. Die freiwillige Zersetzung zeigt vier deutlich unterscheidbare Stadien: 1) zunächst zieht sich die Schießbaumwolle langsam zusammen ohne ihre ursprüngliche Form und Textur zu verlieren, so daß sie ein zehnfach kleineres Volumen einnimmt, als sie vor der Zersetzung hatte; 2) einige Tage später beginnt sie zu erweichen, indem sie sich in eine gummiartige,

stark an den Fingern klebende und an die Textur der Baumwolle in keiner Weise mehr erinnernde Masse verwandelt. Die mikroskopische Untersuchung läßt keine Spur von Organisation wahrnehmen und nachdem die Masse ganz homogen geworden ist, erscheint ihr Volumen noch um die Hälfte kleiner als am Ende des ersten Stadiums; 3) das dritte Stadium beginnt nach einer, je nach der Temperatur der umgebenden Atmosphäre, mehr oder weniger langen Zeit und nicht mit Kontraktions-, sondern mit Dilatations- und Expansionserscheinungen, indem die am Schlusse des zweiten Stadiums auf den neunzehnten Theil ihres ursprünglichen Volumens reduzirte Schießbaumwolle sich im dritten Stadium so stark aufbläht und anschwillt, daß sie den Raum des Gefäßes wieder ganz einnimmt, also neunzehnmal so voluminös geworden ist, als am Ende ihrer letzten Kontraktion. In diesem Zustande zeigt die Masse das vorige gummiartige Ansehen noch, ist aber porös und voll Höhlungen wie ein Schwamm; 4) während dieser drei Stadien entwickeln sich Salpetrigsäuredämpfe, welche im dritten reichlicher werden, doch nimmt diese Gasentwicklung allmählich in merkbarem Grade ab, die Substanz verliert, obgleich sehr langsam, ihr gummiartiges Ansehen und ihre gelbliche Farbe und wird so zerbrechlich, daß man sie zwischen den Fingern zu Pulver zerreiben kann, dabei so weiß wie Zucker. Dieser Zustand bildet das vierte und letzte Stadium der freiwilligen Zersetzung der Schießbaumwolle. Die zum Verlauf dieser 4 Stadien erforderliche Zeit hängt von dem Zustande der Atmosphäre ab, doch sind zur Beendigung derselben wenigstens fünf Monate nothwendig. Auf diese Weise verliert die Schießbaumwolle bei gewöhnlicher Lufttemperatur durch die langsame Einwirkung ihrer Bestandtheile auf einander gänzlich ihre ursprünglichen Eigenschaften, indem sie gasförmige Substanzen entbindet, worin stickstoffhaltige Verbindungen mit Spuren von Ameisen- und Essigsäure vorkommen, während als letzter Rückstand eine amorphe, poröse, im Aeußern dem Zucker ähnliche, starksauer reagirende, in Wasser fast vollständig lösliche Masse bleibt, welche viel Glykose, ferner gummiartige Substanzen, Oxalsäure, eine geringe Menge Ameisensäure und eine, nach de Luca's Ansicht, neue Säure enthält. Die Glykose hat den Geschmack und selbst das Aroma des Honigs; sie reduzirt weinsaures Kupferoxyd-Kali sehr leicht und gährt in Berührung mit Bierhefe unter Bildung

von Kohlensäure und Alkohol. Von 100 Grm. Schießbaumwolle erhielt de Luca etwa 14 Grm. Glykose.

Setzt man normal bereitete Schießbaumwolle der direkten Einwirkung des Sonnenlichts aus, so treten, nach de Luca, bald Anzeichen der Zersetzung auf; zunächst nämlich läßt sich der Geruch nach salpetriger Säure wahrnehmen und später zeigen sich gelbe Dämpfe. Sämmtliche von de Luca untersuchte Schießbaumwollproben zersetzten sich unter dem direkten Einfluß der Sonnenstrahlen binnen kürzerer oder längerer Zeit. Zuweilen begann die Veränderung schon am ersten Tage, zuweilen erst nach mehrtägiger Einwirkung. Die Temperatur stieg dabei selten über 30°. Eine Probe Schießbaumwolle wurde in zwei gleiche Theile getheilt, der eine dem Sonnenlicht, der andere einer künstlichen Wärme von 30 bis 35° ausgesetzt. Der erste Theil zersetzte sich zuerst, der zweite innerhalb 36 Stunden nicht.

Die Zersetzung scheint nur unter Einwirkung der atmosphärischen Luft zu erfolgen, denn Schießbaumwolle in einer luftleeren zugeschmolzenen Glasröhre befindlich blieb völlig unverändert.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Schießbaumwolle weichen trotz der vielfachen Untersuchungen die Ansichten in so fern von einander ab, als von einigen Salpetersäure als solche, von Anderen Untersalpetersäure als Bestandtheil angenommen wird, welche letztere Ansicht die größere Wahrscheinlichkeit für sich hat. Es fanden:

	Schönbein und Böttger.	Domonte und Ménard.	van Kerkhof und Reuter.
C . . .	27,43	28,5	24,59 bis 25,03
H . . .	3,54	3,5	2,49 „ 2,59
N . . .	14,26	11,6	13,84 „ 14,33
O . . .	54,77	56,4	58,14 „ 58,70
	100,00	100,0	99,06 100,65

	Hecker und Schmidt.	Ransome.	Walter Crum.	Pelouze.
C . . .	24,78 bis 26,06	26,16	24,68	25,2 bis 25,8
H . . .	2,68 „ 2,94	3,14	2,48	2,9 „ 2,3
N . . .	12,26 „ 13,50	10,20	13,80	12,6 „ 13,0
O . . .	59,22 „ 59,77	60,36	59,03	59,3 „ 58,9
	98,94 102,27	99,86	99,99	100,0 100,0

	Gladstone.	Peligot.	Roser und Kraus.	Porret und Teschemacher.
C . . .	26,1 bis 27,9	22,70	25,9 bis 26,7	22,77
H . . .	3,22 „ 3,33	2,80	3,7 „ 4,1	2,22
N . . .	12,75		9,3 „ 11,0	17,84
O . . .				54,87
				97,70

Nimmt man Untersalpetersäure als Bestandtheil der Schießbaumwolle an, so erklärt sich die Bildung in der Art, daß die Cellulose, bestehend aus $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$ durch Einwirkung der Salpetersäure zersetzt wird, indem ein Theil des Wasserstoffs oxydirt und als Wasser ausgeschieden wird, während die Salpetersäure durch Verlust von 1 O zu Untersalpetersäure reduzirt, an Stelle des Wasserstoffs wieder in die Verbindung eintritt. Man kann hiernach die Schießbaumwolle als Cellulose betrachten, in welcher ein Theil des Wasserstoffs, und zwar 2, 2½ oder 3 Aequ. desselben durch Untersalpetersäure vertreten ist, und unterscheidet danach, je nachdem 2 oder 3 Aequiv. Untersalpetersäure vorhanden sind, Dinitrocellulose und Trinitrocellulose, welche der besonderen Behandlungsweise entsprechend entstehen können, in der gewöhnlichen Schießbaumwolle aber wohl meistens mit einander gemengt vorkommen. Wenn die Zusammensetzung der Cellulose als $C_{24}\ H_{20}\ O_{20}$ angenommen wird, wie jetzt von Vielen geschieht, so muß der Ausdruck Dinitrocellulose in Tetranitrocellulose und Trinitrocellulose in Hexanitrocellulose umgewandelt werden, auch würde dann die vorhin angedeutete Verbindung mit 2½ Untersalpetersäure den Namen Pentanitrocellulose erhalten können. Ihre Zusammensetzung ergibt sich danach folgendermaßen:

Dinitrocellulose.

12 C	28,57	oder	12 C	28,57
8 H	3,17		8 H	3,17
2 N	11,11		$2\ NO_4$	36,51
18 O	57,15		10 O	31,75
	100,00			100,00

Trinitrocellulose.

12 C	24,24	oder	12 C	24,24
7 H	2,35		7 H	2,35
3 N	14,14		$3\ NO_4$	46,47
22 O	59,27		10 O	26,94
	100,00			100,00

Pentanitrocellulose.

24 C	— 26,23		24 C	— 26,23	
15 H	— 2,73		15 H	— 2,73	
5 N	— 12,75	oder	5 NO_4	— 41,90	
40 O	— 58,29		20 O	— 29,14	
	100,00			100,00	

Man sieht, daß sich die vorhin aufgeführten Analysen diesen berechneten Zusammensetzungen nähern, nur die von Peligot und von Porret und Teschemacher gefundenen Resultate mit 22,70 und resp. 22,77 Kohlenstoff lassen auf eine noch höhere Nitrirung mit vielleicht 7 NO_4, also eine Heptanitrocellulose, schließen.

Da nun das Aequivalent der Untersalpetersäure jenes des Wasserstoffs 46mal überwiegt, so muß die Baumwolle bei ihrer Umwandlung in Schießbaumwolle bedeutend am Gewichte zunehmen, und zwar bei der Bildung von Dinitrocellulose um 43 Prozent, bei der Pentanitrocellulose um 68 Prozent, bei der Trinitrocellulose um 85 Prozent. Wirklich erhalten wurden aus 100 Baumwolle nach Teschemacher und Porret 154, nach Teschemacher 169, nach Walter Crum 177,9 nach Fehling 168 bis 170, nach Hecker und Schmidt 169, nach van Kerkhof und Reuter 176,2, nach Schönbein 173 bis 175,2, nach Ransome 164,1, nach Gladstone 142 bis 175. Diese Ausbeuten müßten eigentlich den Resultaten der Analysen entsprechen, was aber aus noch unbekannten Ursachen nur unvollkommen der Fall ist. So läßt die von Porret und Teschemacher gefundene Zusammensetzung mit 17,84 Stickstoff auf eine sehr hohe Nitrirung schließen, während ihre Ausbeute von 154 Proc. einer schwachen Nitrirung mit 11,2 Proc. Stickstoff entspricht.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Wirksamkeit der Schießbaumwolle mit dem Grade der Nitrirung wachsen muß, wie denn auch die niederen Stufen, so namentlich die Dinitrocellulose, vorzugsweise in der zum Schießen unbrauchbaren Kollodiumwolle vorkommen, und dagegen alle Bemühungen, ein recht kräftiges Produkt zu erzielen, z. B. zweimalige Behandlung mit der Säuremischung und Anwendung höchst konzentrirter Säuren, stets auf eine möglichst starke Nitrirung hinauslaufen.

Das Problem, eine möglichst kräftige und auch im Uebrigen

mit den günstigsten Eigenschaften begabte Schießbaumwolle herzustellen, ist zuletzt von dem österreichischen General von Lenk bearbeitet. Sein in der Fabrik zu Hirtenberg angewandtes Verfahren ist folgendes. Die Baumwolle unterliegt zuerst einer sorgfältigen Reinigung und vollständigen Trocknung. Die Säuremischung wird aus 1 Gewichtstheil rauchender Salpetersäure und 3 Gewichstheilen Vitriolöl von 66° B. zusammengesetzt. Man bringt dann die Baumwolle in Quantitäten von 100 Gramm in 30 K° der Säuremischung, rührt sie kurze Zeit in dem Bade um, nimmt sie wieder heraus ohne sie aber auszudrücken, fügt dem Bade frische Säuremischung zu um es wieder auf 30 K° zu bringen, taucht abermals 100 Gr. Baumwolle ein und fährt in dieser Art beliebig lange fort. Die ganze so behandelte, noch mit der Säure durchtränkte Baumwolle wird in einen Behälter gethan und 48 Stunden stehen gelassen, dann in eine Zentrifuge gebracht, und so binnen wenigen Minuten von der anhängenden Säure befreit. Den letzten Rest entfernt man durch wiederholtes Waschen und sechswöchentliches Einhängen in fließendes Wasser. Die Baumwolle wird sodann wieder in der Zentrifuge ausgeschleudert, hierauf 2 bis 3 Minuten lang in einer nur 2° B haltenden Lauge von kohlensaurem Kali gekocht, sodann wieder ausgeschleudert und schließlich entweder an freier Luft oder in einem Trockenraum bei 20° getrocknet. Neuerdings sucht v. Lenk die Schießbaumwolle dadurch zu verbessern, daß er sie mit einer Lösung von Natron-Wasserglas von 12° B tränkt und sie darauf so lange an die Luft hängt, bis sich das Natron mit Kohlensäure gesättigt und ein unlösliches Silikat auf der Faser niedergeschlagen hat. Diese Behandlung soll die Faser geschlossener machen, die Entwicklung der Gase verzögern und dadurch die gefährliche zersprengende Wirkung mäßigen.

Redtenbacher, Schrötter und Schneider haben die Lenk'sche Schießbaumwolle der Elementaranalyse unterworfen und ihre Zusammensetzung der oben als Trinitrocellulose aufgeführten entsprechend gefunden. Nach v. Lenks eigener Angabe erfordern 100 Schießbaumwolle 64,5 nicht ausgetrocknete Baumwolle, was einer Ausbeute von 155 Proz. entsprechen würde. Im getrockneten Zustande würde jedenfalls weniger Baumwolle erforderlich sein, wodurch sich die Ausbeute höher berechnen würde. Um der den Ge-

schützen nachtheiligen allzuraschen Verbrennung und der zu stoßweisen, zersprengenden Wirkung zu begegnen wendet v. Lenk außer dem schon angeführten Wasserglas, mit gesponnener Schießbaumwolle überzogene Papierzylinder an. Mit Patronen dieser Art, 481 Grm. Schießbaumwolle enthaltend, konnte ein Oesterreichischer Zwölfpfünder 1000 Schuß abgeben ohne Benachtheiligung der Seele. Die Geschwindigkeit des Projektils betrug 427 Meter.

Von Pelouze und Morey sind neuerdings vergleichende Versuche über die Darstellung der Schießbaumwolle nach der Lenk'schen Methode und dem in der Fabrik zu Bouchet üblichen Verfahren und ihre Eigenschaften veröffentlicht. In dieser letzteren Fabrik setzt man die Säure aus 1 Volumen Salpetersäure von 1,5 sp. G. und 2 Vol. Schwefelsäure von 66° B. (dem Gewichte nach 1 : 2,46) zusammen. Man verwendet auf je 200 Grm. Baumwolle nur 2 Liter Säure, und läßt die Baumwolle 1 Stunde darin. Durch Auspressen gewinnt man 70 Proz. der angewandten Säure wieder. Hierauf folgt $1\frac{1}{2}$ Stunden langes Waschen, dann wieder Auspressen, und nun 24stündiges Einlegen in Holzaschenlauge. Schließlich wird in fließendem Wasser gewaschen, wieder ausgepreßt und auf Leinentüchern, durch welche mittelst eines Ventilators kalte Luft strömt, getrocknet. Diese so gewonnene Schießbaumwolle zeigte die Zusammensetzung

C	—	25,00
H	—	3,13
N	—	12,15
O	—	59,72
		100,00

entsprechend einem der Trinitroverbindung sich nähernden Verhältniß.

Um die Behauptung v. Lenk's, daß seine Schießbaumwolle besser als andere der Wärme widerstehe, zu widerlegen, sind von den genannten Chemikern zahlreiche Versuche angestellt, wonach die Hirtenberger Schießbaumwolle bei 100° denselben Zersetzungen unterliegt wie die zu Bouchet fabrizirte. Ja, eine im Juli 1862 vorgekommene Explosion von Hirtenberger Schießbaumwolle in dem Simmeringer Pulvermagazin macht es mehr als wahrscheinlich, daß sie unter Umständen schon bei gewöhnlicher Temperatur explodiren könne. Vielleicht, daß sie in größeren Massen zusammenge-

häuft durch den langsamen Zersetzungsprozeß sich erwärmt und in wachsender Progression sich bis zur Entzündungstemperatur erhitzt.

Vergleichende Schießversuche mit 3 Grm. Schießbaumwolle und runden Kugeln von 25,5 Grm. Gewicht, wobei die Geschwindigkeit durch das ballistische Pendel ermittelt wurde, ergaben folgende Resultate:

	Lenk'sche Schießbaumw.	Schießbaumw. v. Bouchet
Stärkster Schuß	441,53 Meter	445,94 Meter
Schwächster Schuß	357,63 „	357,36 „
Mittlere Geschwindigkeit	385,36 „	394,32 „

Diese und andere Versuche zeigten, daß die österreichische und die französische Schießbaumwolle gleiche ballistische Kraft besaßen. Wurde bei diesen Versuchen die Ladung, welche im Lauf eine Höhe von 5 Centimeter einnahm, durch festeres Aufsetzen des Ladestockes auf 3 Centimeter verdichtet, so zersprang der Lauf bei der österreichischen so gut wie bei der französischen Schießbaumwolle.

Vorzüge, welche die Schießbaumwolle dem gewöhnlichen Schießpulver gegenüber besitzt, liegen 1) darin, daß sie ohne Rauch verbrennt, was zumal im Kriege eine raschere Beurtheilung der Wirkung der Geschütze zuläßt, als wenn man erst das Verziehen des Rauches abwarten muß; 2) darin, daß sie keinen Rückstand hinterläßt, mithin die Gewehre und Geschütze nicht verschleimt; 3) in ihrer größern Kraft. Diesen Vorzügen gegenüber treten die folgenden wesentlichen Nachtheile ihrer Anwendung hinderlich entgegen: 1) die allmählich, aber unfehlbar sich einstellende Selbstentmischung; 2) die Unsicherheit des Schusses je nach dem Grade der Verdichtung der Ladung; 3) die gefährliche zersprengende Wirkung; 4) ihre Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, da schon ein geringer Grad derselben hinreicht, ihre Wirkung auf Null zu reduziren; 5) die Unbequemlichkeit, nicht durch Messen, sondern nur durch Wägung in gleiche Quantitäten sich theilen zu lassen; 6) eine nachtheilige Einwirkung auf das Eisen der Gewehre, welche durch einen tief sich einfressenden Rost in solchem Grade angegriffen wurden, daß sie selbst durch ein sorgfältiges Auskolben kaum in ihren früheren Zustand zurückgebracht werden konnten, ist vielfach beobachtet worden und erklärt sich aus der sich entwickelnden salpetrigen Säure: ob in Folge einer schlechten Bereitung, vielleicht nicht genügender Auswaschungen, muß

dahin gestellt bleiben. Sowohl der General v. Lenk wie auch der Hauptmann Schultze, von dessen der Schießbaumwolle so nahe verwandtem chemischen Pulver im folgenden gehandelt wird, behaupten, daß ihre Produkte dem Eisen nicht den geringsten Schaden zufügen. — Allen diesen Mängeln reiht sich schließlich noch die unbändige, zügellose Machtentfaltung der Schießbaumwolle an, welcher gegenüber das gewöhnliche schwarze Pulver als ein zahmer traitabler Diener erscheint. So leicht sich das letztere in verschiedenen Zuständen, dem jedesmaligen Zwecke entsprechend, als Jagd-, Kanonen-, Musketen-, oder Sprengpulver herstellen läßt und sich gehorsam und genau den beabsichtigten Wirkungen anschließt, ebenso starr und unbeugsam entzieht sich die Schießbaumwolle jeder Berechnung, daher auch dem Gebrauche in Präzisionswaffen.

Kollodium.

Mußte die Schießbaumwolle trotz ihrer eminenten Kraft doch ihrer vielen Mängel wegen vom Schauplatz wieder abtreten, so daß sie fast nur noch geschichtliches Interesse darbietet, so war es ihr doch vorbehalten durch eine geringe Modifikation der Darstellungsweise als Kollodium in einem höchst friedlichen Gebiet der Kunst, nämlich der Photographie, eine so hervorragende Rolle zu übernehmen, daß die grandiose Entwicklung dieser Kunst zum großen Theil der Anwendung des Kollodiums zu verdanken ist.

Die Löslichkeit der Schießbaumwolle in einer Mischung von Schwefeläther und Weingeist wurde fast gleichzeitig von Domonte und Ménard und von Meynard und Begelow entdeckt, welche auch schon die Beobachtung machten, daß nur nach gewissen Methoden dargestellte unvollkommene Schießbaumwolle von Aether-Weingeist aufgenommen werde. Dieser Lösung, so wie auch dem nach ihrer Verdunstung verbleibenden firnißartigen Rückstande hat man den Namen Kollodium ertheilt.

Von den vielen bekannt gewordenen Vorschriften zur Darstellung einer guten, d. h. in Aether-Weingeist möglichst leicht und vollständig löslichen Kollodiumwolle wollen wir nur die bewährtesten aufführen.

In ein Gemisch von 16 Unzen getrocknetem und pulverisirtem Salpeter, 12 Unzen englischer und 12 Unzen rauchender Schwefel-

säure, welche eine Temperatur von 68 bis 71° C. besitzt, trage man sogleich nach der Mischung 1 Unze Baumwolle ein, durchrühre die Masse 5 Minuten lang ununterbrochen, gieße sodann den ganzen Inhalt des Topfes in viel heißes Wasser, sammele die Baumwolle, wasche sie in einem blechernen Durchschlage zur Entfernung aller anhängenden Säure vollkommen aus und trockne sie. Die Baumwolle nimmt dabei um 23 Proz. ihres Gewichtes zu.

Mann empfiehlt als vortheilhafteste Mischung 20 getrockneten Salpeter und 31 Vitriolöl von 1,83 bis 1,835 sp. G. Er läßt die heiße Mischung bis unter 50° abkühlen, bringt 1 Theil Baumwolle hinein und läßt sie 24 Stunden bei 28 bis 30° darin.

Auch folgende Mischungen sind empfohlen: 1 Baumwolle auf 10 Salpeter und 33 Vitriolöl von 1,80 sp. G.; 1 Baumwolle auf 17 Natronsalpeter und 68 Vitriolöl von 1,92 sp. G.; oder auf 34 Natronsalpeter und 66 Vitriolöl von 1,80 sp. G. Bei Anwendung von Natronsalpeter soll die Baumwolle erst nach 24stündigem Stehen der Säuremischung eingetragen und darin 5 Tage bei 30° gelassen werden.

Gute Kollodiumwolle muß sich ganz, oder doch fast ganz in einer Mischung von 20 Aether und 1 bis 1½ Weingeist von 86 Proz. auflösen, wobei jedoch zu empfehlen ist, zuerst den Aether einige Zeit mit der Kollodiumwolle zu schütteln und erst dann den Weingeist hinzuzufügen. Sollte die Lösung nicht vollständig, sondern nur mit Hinterlassung feiner Fäserchen erfolgen, so filtrirt man durch ein feines leinenes Tuch. Die klare Lösung kann man nachher mit Weingeist beliebig verdünnen.

Das Kollodium bildet je nach dem Grade der Konzentration ein ölartig dick- oder auch ganz dünnflüssiges, farbloses, klares Liquidum, welches beim Verdunsten ein glasglänzendes, firnißartiges Häutchen zurückläßt. Mit vielem Wasser vermischt gibt es einen strukturlosen flockigen Niederschlag. Die beim Verdunsten des Kollodiums verbleibende firnißartige Haut ist in Wasser wie auch in Weingeist unlöslich; entzündet verbrennt sie rasch und ohne Rückstand; durch Reibung wird sie in außerordentlichem Grade elektrisch. Selbst im Zustande der feinsten Haut bildet es einen so luftdichten Ueberzug, daß dieser selbst dem Wasserstoffgase keinen Durchgang gestattet, worauf sich die Anwendung zu kleinen Luftballons grün-

det. Die Anfertigung solcher kleinen Aerostaten geschieht auf die Art, daß man in einen Glaskolben von angemessener Gestalt eine kleine Quantität Kollodium gießt, dasselbe in dem Kolben nach allen Seiten umherfließen läßt, um die Wände gleichmäßig damit zu be, netzen, und sodann die überschüssige Flüssigkeit ausgießt. Man läßt nun den Kolben, natürlich offen, längere Zeit stehen um die vollständige Verdunstung des Aether-Weingeistes abzuwarten, worauf sich die zarte Kollodiumhaut vorsichtig von den Wänden ablösen und unbeschädigt aus dem Halse des Kolbens herausziehen läßt.

Außer zu chirurgischen Zwecken bei kleinen Verwundungen, wobei seine Eigenschaft, beim Trocknen sich stark zusammenzuziehen und dadurch die Schließung der Wunde zu befördern, nützlich mitwirkt, findet es in der Photographie zum Ueberziehen der Glasplatten die ausgedehnteste Anwendung. Man ertheilt hierbei dem Kollodium die geeigneten Zusätze von Jodsilber, u. a., wodurch die feine durchsichtige Haut die Eigenschaft erlangt, durch Einwirkung des Lichtes sich zu schwärzen.

Béchamp fand die prozentische Zusammensetzung zu:

C	—	28,22
H	—	3,57
N	—	10,78
O	—	57,43
		100,00

welches 12 C, 8 H, 2 NO_4 und 10 O sich nähert, da diese Formel der Zusammensetzung:

C	—	28,57
H	—	3,17
N	—	11,11
O	—	57,15
		100,00

entspricht, wonach das Kollodium als Dinitrocellulose zu betrachten ist.

Das chemische Pulver des Hauptmanns Schultze.

Als ein der Schießbaumwolle nahe verwandtes Produkt ist noch das von dem Hauptmann Schultze in Potsdam erfundene chemische Pulver zu erwähnen, welches fabrikmäßig dargestellt und zu dem Preise von 28 Sgr. das Pfund verkauft wird. Es besteht aus

fein gekörntem und dann mit Salpetersäure behandeltem Holz und wird der von dem Erfinder gegebenen Patentbeschreibung nach folgendermaßen dargestellt: Das Holz (es ist nicht angegeben, welche Sorte sich am besten eignet) wird zuerst gekörnt, indem man es mittelst der Furnürschneidmaschine rechtwinklig gegen die Längenrichtung des Holzes in dünne Blätter von $^1/_{16}$ Zoll Dicke zerschneidet und dann mittelst einer Stanzmaschine von ähnlicher Einrichtung wie eine Kartenschlagmaschine (Bd. XX. S. 464) in kleine Körner zertheilt. Die netzähnlichen Rückstände der Holzplatten werden dann noch durch zwei Walzen, deren Oberflächen mit $^1/_{16}$ Zoll von einander entfernten Messern besetzt sind, so daß diese auf beiden Walzen sich kreuzen, zerkleinert und gekörnt. Nach dieser Körnung unterliegt das Holz einer Reinigung von allen auflöslichen Safttheilen, indem man es 3 Stunden lang mit einer sehr schwachen 3prozentigen Sodalauge, dann nach dem Abgeben der entstandenen braunen Brühe nochmals 3 Stunden mit Wasser kocht und hierauf 24 Stunden lang auswäscht und trocknet. Es folgt nun eine 15 Minuten lang fortgesetzte Behandlung mit kochend heißem Wasserdampf in einem Extraktions-Apparat, wobei die stickstoffhaltigen Proteïnstoffe in Lösung übergehen und dem Holze entzogen werden sollen. (?) Hierauf folgt eine Bleichung durch 2stündiges Einlegen in eine Lösung von Chlorkalk in der 15fachen Menge Wasser (ist nach Ansicht des Referenten viel zu konzentrirt), und darauf folgende Waschungen erst mit kochendem, dann mit kaltem und darauf wieder mit kochendem Wasser, endlich Trocknung. Von dem so behandelten Holz bringt man je 6 Pfd. in eine Mischung von 40 Pfd. konzentrirter Salpetersäure mit 100 Pfd. 66gradiger Schwefelsäure. Der Erfinder bedient sich hierzu eines gußeisernen Gefäßes, welches von der Säure gar nicht angegriffen wird und läßt das Ganze 2 bis 3 Stunden darin. Die Säure wird dann abgegossen, das Holz mit Wasser gut abgespült, in einer schwachen alkalischen Lauge gebadet, wieder gewaschen und getrocknet. Zum Schluß wird es salpetrisirt, indem man je 100 Pfd. Holz in eine 50° R. warme Lösung von 26 Kalisalpeter in 220 Wasser 15 Minuten lang einlegt, hierauf 12 bis 18 Stunden lang in der Wärme trocknet und das somit fertige Pulver schließlich noch stäubt. Der Staub beträgt 10 bis 12 Proz. und wird zu Gute gebracht, indem man ihn angefeuchtet in Platten preßt und diese

unter der Stanzmaschine körnt, oder in Zylinder für Minenpatronen formt, welche getrocknet eine exorbitante Sprengkraft besitzen.

Das Schultze'sche Pulver, welches Ref. vorliegt, besteht größtentheils in kleinen unregelmäßig prismatischen Körnern von hellbrauner Farbe. Ein Häufchen auf Papier gelegt und entzündet, verbrennt rasch, aber mit Hinterlassung eines geringen kohligen Rückstandes. In ein Pistol geladen und (ohne Kugel) abgefeuert gibt es weder Knall noch sichtbare Feuererscheinung, man bemerkt nur die Explosion des Zündhütchens. Wahrscheinlich wird das Pulver unverbrannt ausgeworfen. Dagegen entwickelt es, sobald es Widerstand findet, also auf ein Projektil einwirkend, eine sehr bedeutende, jene des schwarzen Pulvers etwa $2\frac{1}{2}$mal übersteigende Kraft. Freiliegend abgebrannt verbreitet es ebenso wie die Schießbaumwolle den stechenden Geruch nach salpetriger Säure, doch behauptet der Erfinder, daß dies beim Verbrennen in geschlossenen Räumen, also in den Schußwaffen, nicht der Fall sein, und daß auch das Eisen der Gewehre davon keinesweges zum Rosten disponirt werde. Es besitzt dem schwarzen Pulver gegenüber den Vortheil, sehr wenig Rauch zu geben und durch Befeuchtung seine Entzündbarkeit vollständig einzubüßen, so daß es im feuchten Zustande gefahrlos transportirt und aufbewahrt, zum Zweck des Gebrauches aber in kürzester Zeit durch Trocknung wieder in seinen wirksamen Zustand zurückgeführt werden kann.

Trotzdem, daß die in Preußen damit angestellten Versuche bei grobem Geschütz sehr günstige Resultate gegeben haben sollen, auch der Umstand, daß die Gewehre sich nicht verschleimen, zur Empfehlung bedeutend beiträgt, scheint es doch dem chemischen Pulver sehr schwer zu werden, den mannichfachen Vorurtheilen, vielleicht auch gegründeten Einwendungen gegenüber sich Eingang zu verschaffen. Ob es derselben Selbstentmischung unterliegt, wie die Schießbaumwolle, wird erst die Erfahrung lehren müssen, doch kann Ref. bezeugen, daß eine bereits 3 Jahre in einem verschlossenen Glase an einem dem zerstreuten Tageslicht dargebotenen Orte aufbewahrte Probe noch keine Anzeichen von Zersetzung wahrnehmen läßt, wie denn auch noch keine Spur von salpetriger Säure zu bemerken ist. Jedenfalls hat das chemische Pulver der Schießbaumwolle gegenüber

unverkennbare Vortheile, welche aus der körnigen Beschaffenheit hervorgehen, nämlich 1) ein mehr festes bestimmtes Volumen einzunehmen, daher nicht in solchem Grade, wie die Schießbaumwolle, durch mehr oder weniger festes Laden einen unsichern Schuß zu geben, und 2) ebenso wie schwarzes Pulver gemessen werden zu können.

Nitroglycerin, Sprengöl.

Wenn auch seiner chemischen Konstitution nach von der Schießbaumwolle einigermaßen verschieden, steht doch das Nitroglycerin sowohl seiner Bereitung wie auch seiner explosiven Natur nach derselben so nahe, daß es mit Recht an dieser Stelle einen Platz beanspruchen darf. Nachdem es längere Jahre wenig beachtet, fast der Vergessenheit überliefert worden, ist es durch Nobel wieder hervorgezogen und als außerordentlich wirksames Sprengmittel in die Praxis eingeführt. Er wandte es zuerst in der Art an, daß er Schießpulver damit tränkte, fand aber später, daß es auch allein für sich in einem Bohrloch zur Explosion gebracht werden könne, wenn man den Feuerstrahl einer explodirenden Pulverpatrone in das eingeschlossene Sprengöl hineintreibt.

Das Nitroglycerin entsteht, wenn Glycerin in höchst konzentrirte Salpetersäure oder besser in eine Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure langsam und vorsichtig getropft wird, wobei es unter Verlust von Wasserstoff und Aufnahme von salpetriger Säure sich in ein ölartiges Liquidum verwandelt. Es gehört zu den Glyceriden oder Glycerinäthern. Wird Glycerin oder Glycerylalkohol, $C_6 H_8 O_6$, mit Salpetersäure behandelt, so werden 3 Aequiv. derselben unter Abgabe von 3 O in 3 Untersalpetersäure umgewandelt, die an die Stelle von 3 H treten, welche letzteren mit den 3 O als Wasser ausgeschieden werden; es entsteht so $C_6 H_5 3NO_4 O_6$, das Nitroglycerin oder Untersalpetersäuretriglycerid.

Nach Nobel gelingt die Darstellung am besten mit einer Mischung von Schwefelsäure und Salpeter. In 3½ Th. Schwefelsäure von 1,83 sp. G. löset man 1 Th. Kalisalpeter und läßt die Mischung auf 0° abkühlen, wo dann ein Salz, bestehend aus KO, $4SO_3$ und 6HO auskrystallisirt. In die davon abgegebene Säure tropft man langsam, und falls sich die Mischung erwärmen sollte, unter Abkühlung des Gefäßes, Glycerin, wobei die Bildung des

Nitroglycerins rasch von Statten geht. Es wird aus der Flüssigkeit durch Zusatz von Wasser abgeschieden und gewaschen, wobei es als gelbliches Liquidum sich am Boden des Gefäßes sammelt. Jene 3½ Schwefelsäure und 1 Salpeter reichen hin, um ⅓ Th. Glycerin umzuwandeln und über ½ Th. Sprengöl zu bilden.

Das Nitroglycerin ist ein blaßgelbes, öliges Liquidum, schwerer als Wasser, geruchlos, von süßem gewürzhaftem Geschmack. Entzündet brennt es langsam mit knisterndem Geräusch, aber ohne alle Explosion ab. Ein Schlag zwischen harten Körpern bewirkt höchst gewaltsame Explosion, wobei indeß nur der getroffene Theil zur Wirkung kommt. Zwei Tropfen auf einem Amboß mit einem Hammer geschlagen zerschmetterten den Hammer in mehrere Stücke.

Es soll, innerlich genossen, als äußerst heftiges, schnell tödtendes Gift wirken.

Bei der Ausführung von Sprengungen kann man ohne weiteres das Sprengöl in das Bohrloch hineingießen, vorausgesetzt daß das Loch in mehr oder weniger vertikaler Richtung herabgeht. Bei stark zerklüftetem Gestein ist es nöthig, die Wände des Bohrlochs mit Lehm zu verstreichen um das Oel zusammen zu halten. In solchen Fällen, wo wegen ungünstiger Richtung des Bohrlochs das Eingießen des Oeles unmöglich, verschließt man es in eine Blechbüchse, die dann in das Loch hineingeschoben wird, und die man an dem zu zündenden Ende mit Blase oder Pergamentpapier verbindet. Zur Zündung dient eine kleine an einem Zünder sitzende Pulverpatrone, die man bis nahe an das Sprengöl in das Bohrloch einbringt, worauf dasselbe in gewöhnlicher Art mit Sand versetzt wird.

Der große Vortheil des Sprengöls dem Pulver gegenüber liegt in dem zur Erzeugung derselben Sprengkraft erforderlichen viel geringeren Volumen, so daß ein kleineres Bohrloch für gleiche Wirkung ausreicht. Wenn bei größeren Sprengungen mit Pulver zur Aufnahme des nöthigen Quantums dreizöllige Bohrlöcher gebohrt werden müssen, so reduzirt sich beim Sprengöl der Durchmesser auf 1 Zoll; wonach die Sprengkraft des Oeles bei gleichem Volumen auf etwa das 9fache des Pulvers anzuschlagen wäre. Einer so exorbitanten Kraft und so bedeutender Ersparung an Arbeitslohn gegenüber kann der gegenwärtige Preis des Sprengöls von 1 Thlr.

das Pfund nicht in Betracht kommen, und es darf nicht Wunder nehmen, wenn die Anwendung desselben in Steinbrüchen, Bergwerken und bei sonstigen Erdarbeiten bereits bedeutende Ausdehnung gewonnen hat, und sich täglich mehr verbreitet.

Leider scheint sich das Sprengöl doch nicht so ganz ungefährlich und harmlos zu verhalten, wie dies früher angenommen wurde. Zunächst wird dadurch ein gefährliches Gift dem Publikum in die Hände gegeben, welches seiner Eigenschaften, besonders des geringen nicht unangenehmen Geschmackes und der flüssigen Beschaffenheit wegen sich leicht unbemerkt den Speisen beimischen läßt und so zu verbrecherischen Vergiftungen besser als irgend ein anderes Gift sich eignen dürfte. Sodann sind bereits Explosionen ohne bekannte Ursache vorgekommen, so in einer Fabrik des Hrn. Nobel selbst, ferner kürzlich in einer kleinen Stadt Westfalens, wo bei einem mit Sprengöl handelnden Kaufmanne zwei Flaschen, deren eine auf einem Tisch, die andere auf dem Fußboden standen, plötzlich unter furchtbarem Knall explodirten, ohne daß sich die geringste Veranlassung dazu hätte auffinden lassen. Ein neben dem Tische stehender Knabe wurde vollständig zerschmettert, die umgebenden Mauern des Gebäudes stürzten zusammen, und der in einem Nebenzimmer befindliche Kaufmann, besinnungslos fortgeschleudert, fand sich in einem benachbarten Hofe wieder.

Wenn daher in mehreren Ländern der Debit des Sprengöls unter scharfe polizeiliche Aufsicht gestellt worden, so verdient dies jedenfalls die vollste Anerkennung.

Bei Sprengungen hat sich eine eigenthümliche Gefahr gezeigt. Es kann vorkommen, daß nicht die ganze Ladung zur Explosion kommt, daß vielmehr einzelne Portionen, die sich vielleicht in Gesteinsklüfte hineingezogen hatten, übrig bleiben, und später beim Bohren eines neuen Loches durch die Stöße des Bohrers explodiren und die Arbeiter gefährden. Ein Fall dieser Art ereignete sich kürzlich in einem Bergwerke des Harzes. In geschlossenen Räumen, z. B. Bergwerken, könnte möglicher Weise ein Theil des der Explosion entgangenen Oeles sich als feiner Staub der umgebenden Luft mittheilen und beim Einathmen den Leuten schädlich werden. Wenn sich aber das Sprengöl in einem gehörig mit Lehm verstrichenen

Bohrloche oder in einer Blechhülse befindet, so ist kaum denkbar, daß ein Theil sich der Explosion sollte entziehen können.

Heeren.

Schwarzfärben.

(Bd. XIV. S. 204.)

Die vielfachen Neuerungen, welche im Gebiete der Färbekunst in den letzten Decennien eingeführt sind, haben die Schwarzfärberei am wenigsten berührt. Die guten, echten, dauerhaften Farben werden im wesentlichen noch auf dieselbe Weise dargestellt wie früher. Die gegen früher jetzt beliebten Veränderungen bezwecken meist nur eine Materialersparniß für den Färber, oder in der Seidenfärberei eine künstliche Gewichtsvermehrung des Stoffes, meistens auf Kosten seiner Dauerhaftigkeit; es sind sogar zu letzterem Zwecke Methoden empfohlen worden, welche die Gesundheit der Konsumenten (Schwarzfärben der Seidengarne mit Bleiessig und Schwefelwasserstoff) in große Gefahr bringen können.

1) Schwarzfärben auf Wolle.

Indem wir auf den betreffenden Artikel des Hauptwerkes (Bd. XIV. S. 208) verweisen, mögen noch folgende Vorschriften hier aufgenommen werden.

Chromschwarz. a) Auf 100 Pfd. Wolle wird eine Beize aus 2—3 Pfd. rothem chromsaurem Kali, 2 Pfd. Kupfervitriol und 3—4 Pfd. Weinstein oder saurem schwefelsaurem Kali bereitet. Die Wolle wird darin 2 Stunden lang gesotten, an der Luft abgekühlt und in einer Flotte von 30 Pfd. Blauholz heiß ausgefärbt. Die Behandlung in der Beize und der Flotte wird so oft wiederholt, bis der gewünschte Farbenton erzielt worden ist.

Diese Vorschrift liefert ein Blauschwarz; soll die Wolle kohlschwarz werden, so läßt man in der Beize den Zusatz von Kupfervitriol fort und gibt in der Flotte 50 Pfd. Blauholz.

Statt des Blauholzes kann eine entsprechende Menge des im Handel vorkommenden Extraktes benutzt werden.

b) Beize: 1 Pfd. rothes chromsaures Kali, $^3/_4$ Pfd. Alaun und $^1/_2$ Pfd. Gelbholz. Flotte: 8 Pfd. Blauholz, $^1/_2$ Pfd. Barwood, $^1/_2$ Pfd. Gelbholz und $^1/_2$ Pfd. Eisenvitriol. Die Wolle wird

in der Beize eine halbe Stunde lang angesotten, 6—12 Stunden der Luft ausgesetzt und eine Stunde lang in der (zunächst ohne Eisenvitriol angestellten) Flotte ausgefärbt. Die etwas abgekühlte Flotte wird dann mit dem Eisenvitriol versetzt, die Wolle wieder eingebracht und damit bis zum Sieden erhitzt.

c) Beize: 2 Pfd. Alaun und 2 Pfd. Weinstein. Flotte: 5 Pfd. Blauholz und $^1/_2$—1 Pfd. gelbes chromsaures Kali. Die Wolle wird eine Stunde lang in der Beize gesotten und dann siedend heiß in der Flotte ausgefärbt. Bei Anwendung des gelben oder neutralen chromsauren Kali's fallen die Farben weit echter aus als bei dem rothen Salz.

d) Beize: 2 Pfd. Chromalaun. Flotte: 5—10 Pfd. Blauholz. Die Stoffe werden in der Beize eine Stunde lang gesotten, gespült und in der Flotte siedend heiß während einer Stunde ausgefärbt.

Die mit Chromalaun oder irgend einem Chromoxydsalz gefärbten Stoffe sollen sich durch Aechtheit der Farben auszeichnen.

Einige neuere Methoden sind von Grison beschrieben. Man kann die Zeuge entweder zuerst mit Beize behandeln, was im kochenden Bade geschieht, und hierauf das Ausfärben vornehmen; oder man kann sie zuerst mit den Farbstoffen ansieden und diese hernach durch die Mordants fixiren. Bei dem erstern System verfährt man auf folgende Weise: Anbeizen in kochender Flotte von 3 Pfd. Kupfervitriol, $1^1/_2$ Pfd. Eisenvitriol, 3 Pfd. Weinstein, auf 3 Stücke von 60—68 Pfd. In diese Flotte geht man mit den Stücken ein, passirt sie $1^1/_2$ Stunden lang im kochenden Bade und läßt sie bis zum folgenden Tage ruhen. Ausfärbflotte: 1 Pfd. Kupfervitriol, $^1/_2$ Pfd. Eisenvitriol, 2 Pfd. roher Weinstein, 400 Pfd. Blauholzabkochung, 40 Pfd. Gelbholzabkochung. Die Zeuge bleiben 45 Minuten im kochenden Bade, werden gewaschen und avivirt. Für schwarzblaue Nüancen gibt man eine Passage durch ein leicht mit Schwefelsäure angesäuertes Bad; für röthlich schwarz wird diesem etwas Blauholz, für tief schwarz oder grünlich schwarz etwas Kurkume zugesetzt. Die Avivirung dauert im kochenden Bade 15 — 20 Minuten.

Ein anderes Schwarz, welches als noir solide bezeichnet wird, wird folgendermaßen dargestellt.

Vier Stücke, von ungefähr 80 Pfd. Gewicht, kommen bei 32° R. während 15—20 Minuten in ein Bad mit 3 Pfd. Salzsäure, von dort in ein Blauholzbad. Dieses besteht für 6 Zeugstücke aus 920 Pfd. Blauholzabkochung, der 1 Pfd. Salzsäure zugesetzt ist, der Zeug bleibt 75 Minuten im kochenden Bad, um dann bis zum folgenden Tage zu ruhen. Die Fixirung geschieht in einem Bade von 2 Pfd. rothem chromsaurem Kali und 3 Pfd. Kupfervitriol; man führt die Stücke in die kalte Flüssigkeit, nach einer Stunde erwärmt man und steigert die Temperatur allmählich bis zum Kochen. Das Aviviren geschieht in einem Bade von 16 Loth Schwefelsäure und 4 Loth Kurkume pro Stück während 15—20 Minuten bei 32° R., worauf schließlich gewaschen wird.

2) Schwarzfärben auf Seide.

Die schwarze Seide verträgt einen indigblauen Grund, der so viel zur Schönheit der tief schwarzen Wollstoffe beiträgt, nicht. (Hauptwerk Bd. XIV. 210.) Sehr wohl läßt sich aber auf den schwarz zu färbenden Seiden ein Grund von Pariserblau anbringen, was bei den besseren Stoffen jetzt vielfach geschieht.

Als Beispiel für diese Methode mag folgende Vorschrift dienen:

Die Seide wird kalt in einer Lösung von salpetersaurem Eisenoxyd gebeizt, bleibt über Nacht an der Luft liegen und wird in einer mit etwas Schwefelsäure versetzten Lösung von Blutlaugensalz blau ausgefärbt. Die so blau gefärbten Stoffe werden dann gallirt und wie im Hauptwerk beschrieben behandelt, wobei man durch abwechselndes Galliren und Ausfärben das Gewicht der Seide beliebig, bis über 100 Prozent, erhöhen kann. Bei dem theuern Preise der Gerbstoffe hat man versucht die Gewichtserhöhung der Seide auch auf anderem billigerem Wege zu erreichen.

Die Seide, vornehmlich Garne, wird wiederholt in einer konzentrirten Lösung von salpetersaurem Eisenoxydul gebeizt, wobei man sie jedesmal herausnimmt und vor dem Wiedereinbringen so lange an der Luft liegen läßt, bis die grünliche Farbe sich in Gelb verwandelt hat. Nach dem letzten Beizen und Lüften wird die Seide gewaschen und bei einer Temperatur von 24° R. in einer Flotte von Blauholzextrakt unter Zusatz von Wau und Gelbholz ausgefärbt. Sie erhält so eine tief schwarze Farbe, hat aber ungefähr ein Viertel ihres Gewichts verloren und hat einen spröden Griff.

Um ihr zunächst letzteren wieder zu nehmen, gibt man ein Seifenbad oder ein Appret von Olivenöl, welches mit schwacher Sodalösung zu einer Emulsion geschüttelt worden ist. Zur Vermehrung des Gewichts läßt man dann die Seide 2—4 Stunden, bei einer 60° R. nicht übersteigenden Temperatur, in einem Bade von basisch essigsaurem Bleioxyd von 40° B. verweilen und setzt dann die imprägnirten Stoffe anhaltend der Einwirkung von Schwefelwasserstoff aus.

Durch das Schwefelwasserstoffgas wird auf der Seide eine große Menge schwarzes Schwefelblei gefällt, welches allerdings das Gewicht sehr beträchtlich vermehrt. Es hat aber diese Methode zwei sehr wesentliche Nachtheile, welche genügend sind sie gänzlich außer Anwendung zu bringen. Der erste, geringere Nachtheil ist der, daß die Farbe nicht dauerhaft ist. Das fein vertheilte Schwefelblei verändert sich an der Luft, indem es Sauerstoff aufnimmt und sich nach und nach in weißes schwefelsaures Bleioxyd verwandelt, so daß die Farbe grau wird. Ein weit wesentlicherer Nachtheil besteht aber darin, daß Fabrikanten häufig die Einwirkung des Schwefelwasserstoffs nicht lange genug dauern lassen, weil sie keinen bestimmten Anhalt für die Beendigung der Zersetzung haben. Sobald dieses geschieht bleibt auf der Seide eine Masse von essigsaurem Bleioxyd (Bleizucker) zurück, welches sehr giftig ist und bei dem üblichen Anfeuchten des Fadens beim Nähen mit dem Speichel des Mundes von der Näherin verschluckt wird. Es sind bereits sehr bedenkliche Erkrankungen und Vergiftungserscheinungen durch den Gebrauch solchen Seidengarnes vorgekommen.

Will man die Anwendung der Bleisalze nicht ganz aufgeben, so sollte man unter allen Umständen die Einwirkung des Schwefelwasserstoffes so lange dauern lassen, bis eine Probe, mit Wasser gewaschen, in der filtrirten Flüssigkeit keine Spur von löslichen Bleisalzen durch Reagentien (Schwefelwasserstoff, chromsaures Kali) mehr nachweisen läßt.

Auf unschädlichere Weise kann man die Seide durch mehrfache Lagen von Berlinerblau und Gerbstoffverbindungen schweren, z. B. nach dem Verfahren welches gegenwärtig in Lyon schon vielfach angewandt wird. Es dient dazu eine eigene Beize, Rostbeize (rouille), die für die Zwecke der Färberei in chemischen Fabriken dargestellt wird und bei einer Konzentration von 40° B. als wesentlichen Be-

standtheil 34 Proz. basisch schwefelsaures Eisenoxyd ($F_2 O_3 2 SO_3$) enthält. Man kann sie nach Mène, dem wir ihre Untersuchung verdanken, darstellen, indem man 83 Kilo Eisenvitriol mit 11 Kilo Salpetersäure von 36° B. und 5 Kilo Schwefelsäure von 66° B. so lange erhitzt bis keine rothen Dämpfe mehr entweichen und dann Wasser bis zur erforderlichen Verdünnung auf 40° B. zusetzt. Die Seide wird mit angesäuertem Wasser befeuchtet, dann während einer ganzen Nacht in dem Rostbade von 40° B. passirt, gewaschen, in ein Bad von Blutlaugensalz von 15° B., welches mit Salzsäure angesäuert ist, gebracht und in fließendem Wasser gewaschen. Dieses Blaufärben wird, wenn man den Stoff schwerer machen will, mehrere Male wiederholt. Die blaue Seide kommt in ein lauwarmes Kampecheholzbad mit ein wenig Zinnsalz, dann in ein kochendes Katechubad, worin sie die ganze Nacht bewegt wird. Am anderen Tage gibt man je nach der gewünschten Farbe einen Grund von Kampecheholz und holzsaurem Eisen, wäscht und schönt mit Zitronensäure, worauf man die Geschmeidigkeit in einem Bade von Baumöl und Soda herstellt. Das Gewicht der Seide kann auf diesem Wege um 25—60 Proz. vermehrt werden.

Ueber die neueren Methoden der Schwarzfärberei machte der Lyoner Fabrikant Gillet-Pierron Mittheilungen, die durch Bolley bekannt wurden. Die Fabrikation der stark geschwerten Stoffe nimmt in neuerer Zeit mehr und mehr überhand, nur die feinsten Luxusstoffe gehen ohne solche Ueberladung mit Farbstoff. Nicht allein aber daß diese Vermehrung des Gewichts den Käufer trügt, indem dieser häufig mehr lose an der Faser haftenden Farbstoff als Seide erhält, so hat diese Fabrikation noch den Nachtheil der weit geringeren Haltbarkeit der Stoffe. Die verschiedenen Schwarz werden auf folgende Weise dargestellt.

Auf halb gekochter Seide:

1) Feinschwarz (20 Proz. Verlust) nur für Sammetfabrikate und Luxusartikel bräuchlich. Die Seide bekommt ein oder mehrere Farbebäder aus Gelbholz, Wau, Querzitronrinde, welchen gewöhnlich ein schwaches Bad von salpetersaurem mit essigsaurem Eisen vorangeht. Wird das Eisenbad nicht zuerst gegeben, so wird der Farbholzbrühe etwas Eisenvitriol und Kupfervitriol zugesetzt. Der Schluß ist stets ein Bad von Kampecheholz und Seife. Die Seide behält

bei diesem Schwarz ihren ganzen Glanz, ihre Weichheit und ihren Griff.

2) Schwarz ohne Gewichtsvermehrung, Noir impérial. Die Seide wird zuerst berlinerblau gefärbt, dann durch eine Gerbsäureabkochung passirt und zuletzt in einem Bade von Kampecheholz und Seife behandelt. Andere Farbstoffe und Beizen, welche bei diesem Verfahren noch angewendet werden, sind vom Verfasser nicht genannt. Der Faden ist bei diesem Schwarz viel mehr aufgetrieben als bei Nr. 1.

3) Schwerschwarz. Man gibt Eisenbeize und befestigt dieselbe im kochenden Seifenbade. Diese beiden Operationen werden je nach der zu erzielenden Schwerung mehrere Mal wiederholt. Dann wird durch gelbes Blutlaugensalz gebläuet. Endlich gibt man noch ein Bad von Katechu mit Zinnsalz, was ebenfalls wiederholt werden kann. Um einen bläulichen Ton trotz der wiederholten Katechubäder zu erhalten, bedient man sich eines Bades von holzessigsaurem Eisen. Es werden so verschiedene Abstufungen von Schwerschwarz von 20—100 Proz. erhalten.

Auf Rohseide:

4) Noir souple, vielfach für Einschlag gebraucht. Es wird zuerst Eisenbeize gegeben, gewaschen, mit Soda fixirt und dies wiederholt je nach dem Gewicht, welches die Seide erhalten soll. Darauf folgt ein angesäuertes Bad von gelbem Blutlaugensalz zum Bläuen. Das Blau schlägt sich nur auf den Bast der Seide nieder, durchdringt sie aber nicht. Die Seide behält dabei ganz den Griff der Rohseide. Souplirt wird durch heiße Gerbsäurebäder, wozu Katechu, Galläpfel, Dividivi dienen. Je nach dem gewünschten Gewicht und der Nüance gibt man Zinnsalz zu den Katechubädern oder nicht. Zuletzt folgt noch ein Seifenbad.

3) Schwarzfärben auf Baumwolle und Leinen.

In neuester Zeit ist das Anilin, welches bereits so viele verschiedene Farben geliefert hat, auch zum Schwarzfärben und Drucken der Baumwoll- und Leinenstoffe angewandt worden. Es wurde bereits im Art. Rothfärben Bd. 24, S. 570 darauf hingewiesen. Es hat diese Farbe mit Recht großes Aufsehen gemacht, ihre Darstellung ist nach und nach von Lightfoot, Camille Köchlin, Cordillot und Lauth wesentlich verbessert worden.

Nach dem Verfahren von Lightfoot färbt oder druckt man mit einer Mischung von:

Chlorsaurem Kali	25	Grm.
Anilin	50	„
Salzsäure	50	„
Kupferchlorid (1,44 sp. G.)	50	„
Salmiak	25	„
Essigsäure	12	„
Stärkekleister	1	Liter.

Das mit dieser Lösung behandelte und getrocknete Zeug wird zwei Tage lang in einem geheizten Raume gelüftet und nach dieser Zeit in schwach alkalischem Wasser gewaschen, wodurch die schwarze Farbe fixirt wird. In der Flotte existirt die schwarze Farbe noch nicht, sie entwickelt sich erst durch die Einwirkung der Stoffe auf die Faser des Zeuges und durch den Einfluß der erwärmten Luft.

Dieses Verfahren hat jedoch mannichfache Mißstände, namentlich die starksaure Reaktion der auf der Faser eintrocknenden Flotte, die Gegenwart der Kupfersalze, welche beim Druck sehr störend ist, indem die Stahlklingen der Maschinen dadurch stark angegriffen werden.

Köchlin suchte diesem dadurch theilweise abzuhelfen, daß er beim Druck die Kupfersalze nicht mehr in die Farbe brachte, sondern die Zeuge vorher damit beizte, so daß erst in dem Zeuge die Berührung der Substanzen stattfand. Dies hat aber wieder den Nachtheil, daß man sehr große Mengen von giftigen Kupfersalzen anwenden muß und daß wenig andere Farben auf dem mit Kupfersalz gebeizten Grunde anzubringen sind.

Zur höchsten praktischen Anwendbarkeit soll das Verfahren erst durch eine von Lauth eingeführte Modifikation gebracht worden sein. Nach ihm wird mit dem chlorsauren Kali und dem Anilin nicht mehr ein lösliches Kupfersalz, sondern unlösliches Schwefelkupfer aufgedruckt. Dieses verwandelt sich durch den Einfluß des Sauerstoffs die Luft in lösliches schwefelsaures Kupferoxyd, welches dann im Momente seiner Entstehung die Zersetzung veranlaßt.

Das Anilinschwarz ist ein tief dunkles Sammetschwarz. Es ist in Wasser, in kochenden Seifenbädern, in Alkalien und Säuren ganz unlöslich. Säuren verwandeln allerdings die Farbe in Grün,

auf Zusatz von Alkali wird jedoch die schwarze Farbe wieder hergestellt. Chromsaures Kali erhöhet die Intensität der Farbe. Konzentrirte Chlorkalklösung verhält sich ebenso, erst nach langer Einwirkung zerstört sie die Farbe, die aber dann sogar nach einiger Zeit wieder zum Vorschein kommt. Das Anilinschwarz verträgt alle Operationen der Krapprothfärberei und ist daher eine durchaus ächte Farbe.

F. Stohmann.

Schwefelsäure.

(Bd. XIV. S. 226.)

Die im Hauptwerk besprochene früher angenommene Theorie der Schwefelsäurebildung wurde später von Péligot dahin umgestaltet, daß nach seiner Ansicht die Oxydation der schwefligen Säure lediglich durch Salpetersäure erfolge, welche dabei durch Abgabe von Sauerstoff in Untersalpetersäure übergehe, daß diese sodann durch das vorhandene Wasser in Salpetersäure und Stickoxyd zerfalle, welches wieder durch Aufnahme von Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft Untersalpetersäure erzeuge u. s. f.

Weber hat durch neuere Versuche die Unhaltbarkeit dieser Theorie nachzuweisen gesucht und dargethan, daß salpetrige Säure bei Gegenwart von Wasser die Umwandlung der schwefligen Säure bei weitem leichter und schneller bewirkt, als verdünnte Salpetersäure, wie dieselbe in den Bleikammern vorkomme. Die Nothwendigkeit des Wassers wird dadurch erklärt, daß seine große Affinität zur Schwefelsäure prädisponirend wirke, und daß nur unter Mitwirkung dieser Affinität der Prozeß zu Stande komme. Das aus der salpetrigen Säure durch Abgabe von 1 Aeq. Sauerstoff gebildete Stickoxyd, indem es aus der Luft Sauerstoff anziehe, verwandele sich wieder in salpetrige Säure u. s. f.

Nun aber weiß man längst, daß bei der Oxydation des Stickoxydes neben salpetriger Säure auch, je nach der Menge des vorhandenen disponiblen Sauerstoffs, mehr oder weniger Untersalpetersäure entsteht, welche aber mit Wasser in Berührung leicht in Salpetersäure und salpetrige Säure zerfällt. Es kann also in der That

nicht fehlen, daß sich in der Bleikammer auch etwas, wenn auch wenig, Salpetersäure erzeuge.

Wenn nun auch eine bloß mit Wasser verdünnte Salpetersäure äußerst langsam auf schweflige Säure einwirkt, so geht dagegen, wie von Weber selbst bestätigt wird, die Wirkung rasch von Statten, wenn statt des Wassers Schwefelsäure von 1,5 spez. Gew. zugegen ist, weil diese durch Wasserentziehung die Salpetersäure konzentrirt. Daß dieser Vorgang auch in den Bleikammern stattfinden müsse, wo die entstehende Salpetersäure mit der nebel- oder tropfenförmig sich niederschlagenden Kammersäure von 50° B. in Mischung tritt, und unter Mitwirkung der in den Bleikammern herrschenden Wärme zu noch kräftigerer Einwirkung auf die schweflige Säure angespornt wird, ist um so weniger zu bezweifeln, als ja die Kammersäure bekanntlich fast immer kleine Mengen Salpetersäure enthält.

Die schon im Hauptwerke, Bd. XIV. S. 247 u. ff. kurz beschriebene Verwendung von Kiesen zur Schwefelsäurefabrikation hat seit den letzten Decennien so sehr an Ausdehnung gewonnen, daß in dem größeren Theil der jetzt existirenden Fabriken, besonders den englischen und französischen, dieses, im Vergleich mit der Verwendung von Schwefel zwar weniger bequeme, dafür aber wohlfeilere Verfahren adoptirt worden ist.

In der Konstruktion der zum Rösten der Kiese dienenden Kilns wurden verschiedene Aenderungen eingeführt, wie man namentlich in England diese kleinen Schachtöfen mit Rosten versehen hat. Es sind gewöhnlich vier Oefen im Quadrat oder mehrere in zwei Reihen mit den Rücken aneinander stoßend zusammengebaut und lassen die Verbrennungsprodukte durch einen gemeinschaftlichen in der Zwischenwand liegenden Kanal nach der Bleikammer abziehen. Die Oefen haben im Innern die Gestalt einer quadratischen umgekehrten Pyramide von 4—5 Fuß Höhe, unten, wo der Rost liegt, 2—3 Fuß, oben 4 Fuß im Quadrat, von hier aus aber sich prismatisch noch einige Fuß verlängernd. Die ganze Höhe beträgt 6—10 Fuß und zwar dienen die niedrigen für reichere, die höheren für ärmere Erze. Zum Abzug der Gase besitzt ein jeder Ofen nahe unter dem oberen Gewölbe eine Seitenöffnung, die mit dem gemeinschaftlichen Kanal kommunizirt. Nachdem beim Beginn einer Kampagne die Schächte der Oefen durch Kokesfeuer zum starken Glühen gebracht

worden, füllt man sie durch die nahe unter dem Gewölbe befindlichen Thüren mit den Kiesen, welche sich alsbald entzünden und, ohne einer weiteren Feuerung zu bedürfen, von selbst fortbrennen. Eine in der halben Höhe des Schachtes angebrachte Oeffnung, die in der Regel verschlossen bleibt, gestattet dem Arbeiter, von Zeit zu Zeit mittelst einer Brechstange das Niedergehen der Kiese zu fördern, während durch eine dritte, unmittelbar über dem Rost liegende Oeffnung die abgerösteten Erze ausgezogen werden. Alle 12 Stunden werden die Oefen mit je 4 Ztr. Kies von 45 Proz. Schwefelgehalt, oder 5 Ztr. Kiesschlieg mit dem vierten Theil Thon zu 2 Zoll dicken Batzen geformt und scharf getrocknet aufgegeben.

Die Kilns zu Oker am Harz haben keinen Rost, sondern empfangen den erforderlichen Luftzug theils durch die unteren zum Ausziehen der abgerösteten Kiese dienenden, theils durch die seitlichen mit Thüren versehenen Oeffnungen, die je nach Erforderniß mehr oder weniger geöffnet werden. Ein System von 4 aneinander gelegten Kilns ist in den Figuren 1, 2 und 3, Taf. 120, dargestellt, von welchen Fig. 2 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie C D in Fig. 3, diese aber ein horizontaler Querschnitt nach der Linie A B der Fig. 2 ist. a der Schacht, b b die Oeffnungen zum Ausziehen der gerösteten Erze; d Oeffnungen zum Eintragen der Kiese; e f g h seitliche Oeffnungen zum Aufräumen der Kiese mittelst einer Brechstange; i Kanal, durch welchen die schweflige Säure von den Kilns abzieht und in welchen die mit Natronsalpeter und Schwefelsäure gefüllten Salpeterkasten eingesetzt werden; n n Kanäle zur Aufnahme vorräthiger Salpeterkästen; k k Kanäle, durch welche die Gase in die Bleikammer abziehen; l Gewölbe, durch welches man zu den Oeffnungen h h gelangt. Die die Oeffnungen e f g verschließenden Thüren sind zur Regulirung des Luftzuges mit Reibern versehen. Um diese Oefen in Betrieb zu setzen unterhält man einige Tage lang ein allmählich verstärktes Holzfeuer auf der Ofensohle, füllt sodann den Ofen bis auf einige Zoll unter der Thür d mit gerösteten Erzen, unterhält auf diesen ein starkes Flammenfeuer bis Gewölbe und Ofenwände sich in starkem Glühen befinden, wirft dann rohes Erz in Wallnuß- bis Faustgröße ein, welches sich bald entzündet, zieht nun einen Theil der gerösteten Erze unten ab, gibt oben rohes Erz wieder auf und unterhält von nun an den Röst-

prozeß in regelmäßigem Gange. Daß während der Zeit des Anfeuerns die Gase nicht in die Bleikammern, sondern ins Freie geleitet werden, versteht sich von selbst.

Es werden in diesen Oefen zu Oker die schwefelkiesreichen Kupfererze des Rammelsbergs, deren Schwefelgehalt bei dem früher gebräuchlichen Röstverfahren in Haufen bis auf eine kleine, kaum ½ Proz. betragende Menge ganz verloren ging, jetzt mit dem größten Vortheil und in großer Ausdehnung zur Schwefelsäurefabrikation benutzt, wobei von dem 39,89 Prozent betragenden Schwefelgehalt der Erze 79 Schwefelsäure gewonnen, also etwas über 26 Proz. Schwefel zu Gute gebracht werden. In jedem der beschriebenen Kilns wird alle 8 Stunden etwa 1½ Ztr. Erz eingetragen, nachdem unten eine entsprechende Menge abgerösteter Erze ausgezogen worden. Man beobachtet dabei die Ordnung, alle zwei Stunden einen von vier zusammenliegenden Kilns zu besetzen. Vier Kilns verarbeiten in 14 Tagen 572 bis 616 Ctr. Erze.

Dem hier beschriebenen ist der westfälische Kiln ähnlich, deren ebenfalls vier zusammengebaut sind, mit dem Unterschiede jedoch, daß der mittlere gewölbte Raum, durch welchen die zwei Oefen der einen Seite von denen der andern getrennt sind, eine Feuerung bildet, die am einen Ende mit dem Rost, am andern mit dem zum Schornstein führenden Fuchs versehen ist. Diese Feuerung dient dazu, die unmittelbar daran liegenden Kilns beim Inbetriebsetzen zu erhitzen, um auch während der Arbeit, falls der Röstprozeß in Stockung gerathen sollte, durch äußere Hitze nachhelfen zu können.

Zum Rösten von Schliegen, falls man sie nicht mit Thon zu Batzen oder Stöckeln formen will, können Schachtöfen nicht zur Anwendung kommen, weil die engen Zwischenräume der Erzkörnchen keinen Luftzug zulassen. Man bedient sich in diesem Fall der Flamm- und der Muffelöfen, welche letzteren namentlich in Namur in Anwendung sind. Fig. 4, 5, 6, Taf. 120, zeigen einen solchen Muffelofen im vertikalen Längendurchschnitt und in zwei Querschnitten nach den Linien A B und C D. Die Sohle a der langen Muffel von 300—400 Quadratfuß Fläche ist aus Platten von feuerfestem Thon gebildet, die von den Mauern b b b getragen und durch drei darunter befindliche Feuerungen c c c und die Züge d d d zum Glühen erhitzt werden. Nahe dem Kanal e, durch welchen die schwef-

lige Säure nach der Bleikammer abzieht, ist die zum Eintragen des Schlieges dienende Oeffnung f, die man mit einer aufgelegten Eisenplatte schließt. Die entgegengesetzte Seite der Muffel hat bei g eine Oeffnung, durch welche man die abgerösteten Schliege in den Raum h fallen läßt, und durch welche zugleich der Luftzutritt erfolgt. i i i i vier an beiden Seiten der Muffel befindliche Arbeitslöcher zum Umrühren und Wenden des Schliegs. Bei dieser Einrichtung kommt die zutretende Luft zuerst mit den am meisten abgerösteten, nach und nach aber mit weniger zersetzten, und zuletzt vor ihrem Abzuge mit den frisch aufgegebenen Erzen in Berührung, was natürlich der möglichst vollständigen Konsumtion des atmosphärischen Sauerstoffs günstig ist. Die nöthige Salpetersäure wird aus einer Mischung von Natronsalpeter und Schwefelsäure entwickelt, die in kleinen, mit Rädern versehenen Kasten, auf einer kleinen Eisenbahn, in den Abzugskanal geschoben werden.

So empfehlenswerth dieser Muffelofen zum Verarbeiten von Schliegen immer sein mag, so wenig dürfte sich der ebenfalls in der Provinz Namur gebrauchte, jetzt aber auch größtentheils durch Kilns verdrängte horizontale Röstofen empfehlen, welcher sich von dem Muffelofen dadurch unterscheidet, daß die Sohle aus einem Rost besteht, auf welchem die zur Wallnußgröße zerkleinerten Erze in einer etwa 10 Zoll hohen Schicht ausgebreitet und durch die eigene Verbrennungshitze geröstet werden. Daß hier die durch den Rost zutretende Luft nicht so vollständig zur Wirkung kommen könne, als bei Schachtöfen, wo sie eine mindestens 4 Fuß mächtige Schicht der Erze durchdringt, daß ferner beim Ausziehen der abgerösteten Erze eine vollständige Separation derselben von den noch nicht ganz gerösteten kaum zu ermöglichen ist, leuchtet ebenfalls ein.

In Freiberg wurden früher die bei der Aufbereitung der Erze erfolgenden kiesigen Schliege mit Thon zu Stöckel geformt zur Fabrikation von Schwefelsäure benutzt, wobei sich aber der Uebelstand herausstellte, daß zur vollständigen Abröstung ein Ueberschuß von atmosphärischer Luft erforderlich war, dem man sonst in den Bleikammern, um Verluste zu vermeiden, sorgfältigst entgegen zu wirken sucht. Von G e r s t e n h ö f e r ist nun ein Verfahren erfunden, um fast ohne fremdes Brennmaterial und ohne Stöckelbildung die Schliege vollständiger als früher, und ohne erheblichen Ueberschuß

atmosphärischer Luft zu rösten. Es ist ein Schachtofen, in welchem der oben durch Walzen kontinuirlich eingeführte Schlieg zunächst auf eine Reihe horizontal neben einander in gewissen Zwischenräumen liegender Bänke von feuerfesten Ziegeln gelangt, dann bei fortgesetztem Erzzutritt durch die Zwischenräume auf eine zweite Bankreihe fällt, welche mit den Zwischenräumen der oberen korrespondirt und so noch viele Reihen passirt, bis derselbe unten gut abgeröstet ankommt. Beim Inbetriebsetzen soll der Ofen zunächst durch eine Feuerung an der Sohle glühend gemacht werden, so daß die herabfallenden Schliege Rösttemperatur vorfinden, sich entzünden und während des Herabfallens in allseitiger Berührung mit Luft von selbst fortbrennen. Ein Gebläse führt Oxydationswind von schwacher Pressung hinzu, und man kann durch mehr oder weniger starke Erhitzung des Windes die Temperatur im Ofen auf den zur Röstung geeigneten Hitzgrad genau reguliren. Ohne Zweifel darf man die Anwendung heißer Gebläseluft zur Beförderung des Röstprozesses, wie auch sonst seiner ausgezeichneten Wirkung wegen den Gerstenhöfer'schen Röstofen, als eine höchst glückliche und wichtige Erfindung im Bereiche der Schwefelsäurefabrikation begrüßen. Eine ausführliche Beschreibung und Zeichnungen desselben gibt die Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen in Preußen. Bd. XIV. S. 1.

In Lancashire geschieht die Röstung kupferhaltiger Pyrite von 45 Prozent Schwefelgehalt, wobei freilich die Gewinnung des Kupfers die Haupt-, jene der Schwefelsäure mehr Nebensache zu sein scheint, in Flammöfen. Dieselben sind kombinirte Röstherde mit steinerner, selten mit eiserner Sohle, durch Füchse von einander getrennt, überwölbt und durch zuerst unter und dann über dieselben streichende Feuergase erhitzt. Die abzuröstenden Kiese erfahren auf dem von der Feuerquelle entferntest liegenden Herde die erste Röstung und kommen darauf auf den vorhergehenden Herd, so daß bei Anwendung von sechs kommunizirenden Röstherden die zuerst aufgetragene Röstpost nach etwa 12 Stunden den Röstofen verläßt. Es soll durch dieses Verfahren die Entschwefelung der Erze bis auf 2 Prozent ihres Schwefelgehaltes stattfinden. Aehnlich ist der kombinirte Kupfererz-Röst- und Schmelzflammofen von Spence. Der Herd dieses Röstofens ist 40 Fuß lang, 6—9 Fuß breit, und wird durch

die darunter hinstreichende, den Schmelzofen verlassende Flamme erhitzt. Die Erze werden an der vom Schmelzofen entfernten Seite aufgegeben und alle 2 Stunden nach der Seite des Schmelzofens hin fortgeschoben, während eine neue Charge eingegeben wird. Alle 2 Stunden läßt man eine fertig abgeröstete Charge noch glühend in den Schmelzofen gleiten.

Die Hauptbezugsquellen des Schwefelkieses.

Nachdem sich die Benutzung der Kiese zur Schwefelsäurefabrikation nicht nur als praktisch ausführbar, sondern auch als ökonomisch hinreichend bewährt, hat auch die Auffindung ergiebiger Kieslager mit dem Bedürfniß gleichen Schritt gehalten. Neben der so allgemeinen Verbreitung des Schwefelkieses haben sich besonders seit dem Jahre 1838, wo die neapolitanische Regierung die Ausfuhr des sizilianischen Schwefels, welcher bis dahin fast allein das Material zur Erzeugung der Schwefelsäure, somit auch der Sodafabrikation in England und fast dem ganzen übrigen Europa lieferte, mit einer enorm hohen Ausgangssteuer belegte und man sich genöthigt sah, ein geeignetes Surrogat des Schwefels aufzusuchen, mehrere wahrhaft kolossale Lagerstätten von Schwefelkies gefunden, und wenn auch die kriegerischen Maßregeln Englands gegen Sizilien, so ein Bombardement von Palermo, durch Vermittlung Frankreichs nicht zum Ausbruch kamen, so hatte doch inzwischen die Verwendung von Kiesen durch die in der Grafschaft Wicklow in Irland aufgefundenen ungeheuren Schwefelkieslager vielfach Eingang gefunden und besonders aus dem Grunde, daß sich dadurch die englische Sodafabrikation von den Launen einer fremden Regierung emanzipirte, hohe Wichtigkeit erlangt. Der Bergbau in der Grafschaft Wicklow auf Schwefelkies hat sich seitdem trotz des niedrigen Preises der Kiese zu einer der gewinnreichsten bergbaulichen Unternehmungen Großbritanniens emporgeschwungen, und wenn vor dem Jahr 1839 nur vereinzelte Versuche mit Schwefelkiesen angestellt waren, z. B. 1817 von Hill in Deptford, so hat sich dagegen die Verwendung von Kiesen jetzt in solchem Grade ausgedehnt, daß gegenwärtig in England aus irischen, spanischen und portugiesischen Kiesen über 4 Millionen Zentner Schwefelsäure jährlich produzirt werden.

Man gewinnt außerdem in England und Schottland bedeutende

Quantitäten Schwefel- und Wasserkies aus den Kohlenlagern und verarbeitet sie ebenfalls auf Schwefelsäure. Die Analyse englischer und irischer Kiese hat folgende durchschnittliche Zusammensetzung ergeben:

	irischer	englischer
Schwefel	47,41	53,35
Eisen	41,78	45,07
Mangan	—	0,70
Kupfer	1,93	—
Arsen	2,11	—
Kieselsäure	3,93	0,80
Zink	2,00	—
Unlösliches	1,43	—

Eine zweite, und wohl die größte aller jetzt bekannten Lagerstätten sehr reiner, kupferhaltiger Pyrite besitzt Spanien in der Provinz Huelva. Nachdem schon seit Jahrhunderten die Grube Riotinto spärlich bebauet und die Erze nur zum Zweck der Gewinnung ihres kleinen Kupfergehaltes verhüttet worden, ist im Jahr 1851 vorzugsweise von Deligny die Provinz Huelva einer geognostischen Untersuchung unterzogen, welche zur Entdeckung einer Menge ausgedehnter Lagerstätten von kupferhaltigen Pyriten führte, die, seit 1855 in Betrieb genommen, gegenwärtig von mehr denn 25 Gesellschaften englischer, französischer und spanischer Kapitalisten ausgebeutet werden. Die kolossale Ausdehnung dieser Kiesmassen, deren mittlerer Kupfergehalt zu 4 Prozent angenommen werden kann, geht aus offiziellen Berichten spanischer Ingenieure hervor, nach welchen die bis jetzt aufgeschlossene Kiesmasse zu Riotinto, welche nur einen kleinen Theil der bekannten Lagerstätten jenes Distriktes ausmacht, im Stande ist, den Welthandel bei seiner jetzigen Höhe des Verbrauchs an Kupfer auf 11 Jahrhunderte mit diesem Metall zu versorgen. Ein großer Theil, gegen 200 Millionen Ztr., dieser Erze wird gleich an Ort und Stelle frei in Haufen geröstet und es geht so der etwa 50 Proz. betragende Schwefelgehalt rein verloren; aber nachdem durch Anlegen von Chausseen zur Verbindung mit den Hafenplätzen Huelva und St. Lucar de Guadiana der Transport erleichtert ist, finden die Kiese bedeutenden Absatz nach England, Frankreich und Deutschland, und kommen in den Häfen der Nordseeküste Deutsch-

lands auf 1 Thlr. 15 Sgr. pr. Ztr. zu stehen. Nimmt man den Schwefelgehalt zu 50 Proz. an, so würde sich der Preis desselben auf 3 Thlr. stellen und insofern dem sizilianischen Schwefel gegenüber, dessen Preis sich gegenwärtig noch unter 3 Thlr. hält, im Nachtheil bleiben, wenn nicht der Kupfergehalt diesen Nachtheil überwiegend ausgliche.

Die Mine Sto. Domingos in Portugal. Der Bergbau auf diesen, ohne Zweifel mit den spanischen Kieslagern zusammenhängenden enormen Kiesstock wurde schon vor Jahrhunderten betrieben, gerieth dann in Vergessenheit, ist aber seit 1860 durch den Bergingenieur James Mason wieder aufgenommen und liefert in Folge des sehr rationellen Betriebes weit günstigere Resultate als die entsprechenden spanischen Minen. Die Mine Sto. Domingos liegt nicht weit vom Ufer des Guadiana, ½ Meile von der spanischen Grenze entfernt und bauet auf einem Kiesstock, dessen Länge auf mehr denn 2000 Fuß, und dessen Mächtigkeit auf 250 bis 350 Fuß angenommen wird und welcher aus ganz derbem, von Bergmitteln völlig freien Schwefelkies, dem 10 bis 15 Proz. Kupferkies beigemengt sind, besteht. Der Schwefelgehalt beträgt 50, der Kupfergehalt 3 bis 6 Proz. Die Mine soll täglich (?) das ungeheure Quantum von 20,000 Ztr. liefern. Eine 4 Meilen lange Eisenbahn verbindet die Mine mit dem Guadiana. Vier Lokomotiven und 100 Maulthiere versehen den Dienst auf derselben. Die Erze gehen größtentheils nach England, werden aber zum Theil auch in einer dazu angelegten großartigen chemischen Fabrik verarbeitet.

Das Meggener Schwefelkieslager bei Meggen, ¼ Stunde unterhalb der Ruhr-Sieg-Bahn, Station Altenhuden, ist im Jahr 1852 aufgefunden und bildet eins der großartigsten Erzvorkommnisse von Deutschland. Die Lagerstätte, von mächtigen Schwerspathmassen begleitet, erstreckt sich auf eine Länge von 14,000 Fuß und wechselt in der Mächtigkeit von 5 bis 21 Fuß und darüber. Sie folgt im Streichen von dem Lennefluß aus einem tiefen Gebirgsausschnitt und ist mit dem tiefen Karolinenglücker Erbstollen schon bei 13 Lachter Länge noch 1 Lachter mächtig überfahren, so daß das Niedersetzen bis unter die Thalsohle evident nachgewiesen ist. Der Schwefelkies kommt nur ganz derb und frei von Arsenik vor, ist seiner chemischen

Zusammensetzung nach in allen Teufen gleich und gab bei der Analyse:

Schwefel	47,50
Eisen	43,55
Kohle	0,32
Kieselerde	8,22
	99,59

Die Förderung betrug im Jahr 1865 reichlich 800,000 Ztr., von welchem Quantum die inländischen Fabriken etwa 300,000 Ztr. konsumirten, während 500,000 Ztr. über den Kanal, besonders nach Newcastle, wanderten. Man schätzt die oberhalb der Thalsohle anstehende Erzmasse des Lagers auf etwa 85 Millionen Ztr.; wie tief die Erze unter die Thalsohle niedersetzen, ist noch unbekannt. Die hohe Wichtigkeit dieses Schwefelkieslagers liegt ebensowohl in seiner ungeheuren Ausdehnung als in der Abwesenheit von Arsenik, wodurch die Fabrikation einer ohne alle künstliche Reinigung arsenfreien Schwefelsäure ermöglicht ist. —

Die Verwendung von Kiesen zur Schwefelsäurefabrikation verlangt einen größern Rauminhalt der Bleikammern als ihn die Fabrikation aus Schwefel bedingt; denn da außer den 2 Aeq. Schwefel der Kiese, welche 6 Aeq. Sauerstoff konsumiren, auch noch das 1 Aeq. Eisen 1½ Sauerstoff erheischt, so ist bei Kiesen der Sauerstoffverbrauch, mithin auch der rückständige Stickstoff der atmosphärischen Luft um ¼ größer, weshalb auch der Rauminhalt der Kammern in diesem Verhältniß zu vergrößern wäre, wenn nicht der Umstand, daß es beim Rösten der Kiese selten gelingt, der Luft ihren Sauerstoffgehalt eben so weit (bis auf etwa 2 Proz.) zu entziehen wie beim Schwefel, daß also eine größere Menge Luft unverbraucht in die Kammer gelangt, eine noch weitere Vergrößerung beanspruchte.

Schwefel aus Leuchtgas. Seitdem bei der Erzeugung des Leuchtgases die Laming'sche Reinigungsart (M. s. Suppl. Bd. III. S. 237) fast allgemein Anwendung gefunden hat, bei welcher ein Theil des Schwefelwasserstoffs in Folge seiner Zersetzung durch das Eisenoxyd Schwefel niederschlägt, und sich nach längerem wiederholten Gebrauche des Reinigungsmittels eine Menge Schwefel, oft bis zu 40 Proz., in demselben ansammelt, hat man angefangen, diese Masse in Röstöfen zu rösten und die sich bildende schweflige Säure auf

Schwefelsäure zu verarbeiten. Man hat berechnet, daß die Steinkohlenmenge, welche allein in London jährlich zur Leuchtgasfabrikation verwendet wird, 200,000 Ztr. Schwefel enthält. Gesetzt, es werde auch nur die Hälfte desselben zu Gute gebracht, so würde diese Hälfte doch immer einem Quantum von 300,000 Ztr. Schwefelsäure entsprechen.

Arsengehalt der Schwefelsäure. Der Gehalt der meisten Pyrite an Arsen liefert natürlich eine arsenhaltige Schwefelsäure, deren Reinigung vom Arsen besondere Operationen bedingt, falls man nicht, wo die Schwefelsäure zur Sodafabrikation bestimmt ist, einen Arsengehalt der Schwefelsäure zu ignoriren für gut findet. In der That wird bei den verschiedenen Operationen der Sodabereitung das Arsen fast vollständig beseitigt, denn derjenige Theil desselben, der sich im Zustande arseniger Säure befindet, tritt bei der Sulfatbereitung mit Chlor zu Arsenchlorür zusammen, das sich mit den Salzsäuregasen verflüchtigt und so in die Salzsäure gelangt, während ein anderer als Arsensäure vorhandener Theil zwar in dem Sulfat verbleibt, aber später bei der Verarbeitung der rohen Soda in die schwefelhaltige Mutterlauge übergeht, welche wieder auf ätzende Natronlauge für Seifensiedereien und Bleichereien verarbeitet wird. Daß die käufliche Salzsäure oft erhebliche Mengen Arsen halte, haben Filhol und Lacassin durch Prüfung dreier Sorten gezeigt, aus welchen sie im Kilogramm resp. 1,02; 2,0225 und 5,007 Gramm arseniger Säure erhielten. Wird nun die Salzsäure zur Fabrikation von Chlorkalk benutzt, so geht das Arsen in die Manganlösung über, welche in der Regel keine weitere Verwendung findet. Bei anderen Anwendungen arsenhaltiger Salzsäure, namentlich zur Salmiakfabrikation, kann die Gegenwart des Arsens sehr bedenkliche Folgen herbeiführen.

Die Reinigung der Schwefelsäure von Arsen wird trotz verschiedener anderer Vorschläge meistens noch nach der altbekannten Methode durch Schwefelwasserstoffgas oder mittelst Schwefelbaryum (durch Glühen von Schwerspath mit Kohle erhalten) ausgeführt, zu welchem Ende man die Säure in dem Zustande, wie sie die Bleikammern verläßt, als Kammersäure, mit einer wässrigen Auflösung von Schwefelbaryum versetzt, oder im anderen Fall mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, welches man aus Schwefeleisen

und verdünnter Schwefelsäure entwickelt und durch die zu reinigende Säure so lange leitet, bis eine abfiltrirte Probe sich als arsenfrei zu erkennen gibt.

Eine von Buchner erfundene Methode, die Schwefelsäure in konzentrirtem Zustande bis zum Sieden zu erhitzen und nun Chlorwasserstoffgas hindurchzuleiten, um das Arsen als Chlorür zu verflüchtigen, gelingt nur dann, wenn man zugleich durch Zusatz einer kleinen Menge Kohle die Arsensäure in arsenige Säure verwandelt, und ist jedenfalls im Großen schon aus dem Grunde schwer ausführbar, weil Bleigefäße, die man doch nur zum Erhitzen der Schwefelsäure anwenden könnte, von der Salzsäure angegriffen werden. Für Laboratorien mag das Verfahren immerhin brauchbar sein.

Besondere Beachtung verdient die von Kuhlmann eingeführte Methode, nach welcher die durch Röstten von Kiesen erhaltene schweflige Säure durch ein langes weites Bleirohr zuerst in eine besondere kleine Bleikammer gelangt. Die auf solche Art ziemlich abgekühlten Gase setzen in dieser Vorkammer außer der direkt entstandenen Schwefelsäure fast alle arsenige Säure, nebst Eisenoxyd, Selen und Thallium ab, und gelangen erst nach dieser Reinigung in die Hauptkammer. Die stark arsenikhaltige Schwefelsäure der Vorkammer wird für sich weiter behandelt und zur Sulfatbereitung, die dabei entstehende arsenhaltige Salzsäure aber zur Chlorkalkfabrikation verwendet. Eine völlig arsenfreie Schwefelsäure freilich darf man nach diesem Verfahren nicht erwarten.

Wiedergewinnung der Salpetersäure. Die nach erfolgter Kondensation der Schwefelsäure aus den Bleikammern entweichenden Gase, vornehmlich der Stickstoff der verbrauchten Luft, führen stets, wenigstens bei normalem Gange der Fabrikation, welcher einen kleinen Ueberschuß salpetriger Säure in der Kammer verlangt, diese in Gestalt rother Dämpfe mit sich fort, die daher verloren gehen. Einem solchen, besonders früher, vor Einführung des wohlfeilen Natronsalpeters, sehr empfindlichen Verluste zu begegnen, wurde von Gay-Lussac ein Verfahren erfunden, welches besonders in französischen, aber auch in einigen deutschen und englischen Fabriken trotz der ziemlich kostbaren Einrichtung Eingang gefunden hat und auch jetzt noch, obwohl mit geringem Vortheil, in Anwendung ist. Wenn erfahrungsmäßig der Verbrauch an Natron-

salpeter sich auf etwa 6 bis 7 Proz. vom Gewicht des verbrannten Schwefels stellt, so kann mittelst der Gay-Lussac'schen Wiedergewinnung sich dieser Verbrauch auf 4 bis 3 Proz. vermindern, so daß sich der Vortheil auf etwa 4 Proz., und, der Preis des Natronsalpeters zu 5 Thlr., jener des Schwefels zu 3 Thlr. angenommen, auf $^1/_{20}$ des verarbeiteten Schwefels, oder für jeden Ztr. Schwefelsäure auf etwa 2 Sgr. berechnet. Aber selbst dieser kleine Vortheil reduzirt sich durch die mit dem Verfahren verbundenen Kosten noch um ein beträchtliches. Wir werden dieses Verfahren, da es im Hauptwerk ganz unberührt geblieben, der Vollständigkeit wegen kurz beschreiben. Es beruht auf der Eigenschaft der salpetrigen Säure wie auch der Untersalpetersäure, sich mit konzentrirter Schwefelsäure chemisch zu vereinigen, dieser farblosen Verbindung aber sowohl durch Einwirkung schwefliger Säure entzogen, wie auch durch Zusatz von Wasser in Gestalt rother Dämpfe entwickelt zu werden. Um die Schwefelsäure, welche zur Stärke von mindestens 62° konzentrirt sein muß, mit den aus der Kammer abziehenden Gasen in möglichst vielfältige Berührung zu bringen, benutzt man eine Art Kokesthurm, oder vielmehr einen aus sehr weiten, 2 bis 3 Fuß im Durchmesser haltenden und wohl 30 Fuß hohen Zylindern von starkem Blei bestehenden Apparat. Zwei solche Zylinder sind unten in einiger Entfernung über dem Boden mit bleiernen Rosten versehen und darüber mit Kokesstücken bis oben gefüllt, oben durch ein Querrohr verbunden, so daß die am unteren Ende des einen Zylinders eintretenden Gase in den Zwischenräumen der Kokes aufsteigend in dem anderen wieder herabsteigen, um von hier aus in den stark ziehenden Schornstein der Fabrik einzutreten. Ueber den Zylindern befindet sich ein Resevoir von Blei, in welches mittelst eines Montejus die Schwefelsäure gehoben, und aus welchem sie langsam auf die Kokesfüllungen gelassen wird. Um einen solchen regelmäßig und dem Zweck entsprechend leicht zu regulirenden Abfluß der Schwefelsäure zu sichern, sind verschiedene zum Theil recht sinnreiche Vorrichtungen erfunden, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die aus dem Apparate abfließende mit salpetriger Säure geschwängerte Schwefelsäure soll nun die erstere an die Bleikammer wieder abgeben, was auf zweierlei Art geschehen kann. Nach der einen steigt die den Schwefelofen verlassende schweflige Säure in

Gesellschaft von zugeleitetem Wasserdampf in einer hohen verhältnißmäßig engen Bleikammer, die durch eine Anzahl eingelötheter horizontaler Bleiplatten in eben so viele niedrige, an den abwechselnden Seiten kommunizirende Abtheilungen getheilt ist, in einer Schlangenlinie aufwärts, während die geschwängerte Säure, abermals durch einen Montejus gehoben, langsam auf die oberste Platte fließt, von dieser auf die zweite herabfällt und so kaskadenartig der aufsteigenden schwefligen Säure entgegenfließt, wobei durch die vereinte Wirkung dieser und des Wasserdampfs die beabsichtigte Denitrifikation der Schwefelsäure ziemlich vollständig erfolgt. Um aber den Prozeß noch mehr zu vervollständigen, nimmt die unten abfließende Schwefelsäure ihren Weg über den Boden einer zweiten Vorkammer, um hier noch weiter mit schwefliger Säure in Berührung zu treten und sich schließlich durch eine dritte Vorkammer der Kammersäure in der Hauptkammer beizumischen. Es ist bei diesem System vorausgesetzt, daß nicht, wie sonst, die Salpetersäure im Schwefelofen erzeugt, sondern daß sie erst in der dritten Vorkammer in Gestalt konzentrirter Salpetersäure mittelst eines aus irdenen Platten gebildeten kaskadenartigen Apparats zugeführt werde.

Nach einem anderen einfacheren System kommt ein aus Eisen gegossener, inwendig mit hartgebrannten Thonplatten ausgefütterter und mit Quarzstücken gefüllter Zylinder zur Anwendung, in welchen oben die geschwängerte Schwefelsäure einfließt, während unten ein Dampfstrahl eingeleitet wird und die sich dadurch entwickelnde salpetrige Säure sofort in die Hauptkammer eintritt. Die Denitrifikation der Schwefelsäure gelingt auf diese Art so vollständig, daß sie mit empfindlichen Reagentien geprüft sich ganz frei von salpetriger Säure zeigt.

Statt der Wiedergewinnung durch den Gay-Lussac'schen Apparat sind noch andere Wege zur Nutzbarmachung der salpetrigen Säure empfohlen. So leitet sie Kuhlmann über befeuchteten fein pulverisirten Baryt, gewinnt dadurch eine Auflösung von salpetersaurem Baryt und fällt diese dann durch Schwefelsäure um einerseits verkäufliches Permanentweiß, (schwefelsauren Baryt) andererseits Salpetersäure wieder zu erhalten. Laing läßt die salpetrigen Gase, vorausgesetzt daß kupferhaltige Kiese verarbeitet werden, über die

angefeuchteten abgerösteten Kiese streichen, wodurch eine kupferhaltige Lösung entsteht, aus welcher er das Kupfer durch Eisen fällt.

Ausbeute. Die allgemach gesammelten Erfahrungen über die Dimensionen der Bleikammern haben unzweifelhaft die Thatsache festgestellt, daß die ungenügende frühere Ausbeute von 280 bis 290 Schwefelsäure aus 100 Schwefel, während theoretisch 306 gewonnen werden müssen, hauptsächlich dem zu geringen Rauminhalt der Bleikammern und zugleich einem unnöthig großen Luftzutritt zuzuschreiben war. Theils durch Vergrößerung der Kammern und Anwendung mehrerer verhältnißmäßig kleineren statt einer großen, theils durch genaue Regulirung des Luftzuges mittelst selbstwirkender Regulatoren ist man jetzt dahin gelangt, daß die austretenden Gase nicht mehr als 2 bis 3 Proz. Sauerstoff enthalten und das theoretisch geforderte Produktionsquantum sehr nahe erreicht wird.

Bleikammern. In den Dimensionen und Anordnungen der Bleikammern treten so große Abweichungen auf, die sich theils nach der persönlichen Ansicht des Unternehmers richten, theils auch den gegebenen Lokalitäten anpassen müssen, daß sich allgemein gültige Regeln dafür nicht feststellen lassen. Gewöhnlich findet man mehrere Bleikammern, unter welchen eine größte als Hauptkammer zu betrachten ist, mit einander verbunden. Der Gesammtinhalt wird gewöhnlich für jeden Zentner täglich verbrannten Schwefels zu 2000 bis 2500 Kubikfuß angenommen, ersterer für Schwefel, letzterer für Kiese. Der Grund von dem Vorzug mehrerer verhältnißmäßig kleinerer statt einer einzigen großen Kammer liegt eines Theils in der verhältnißmäßig größeren Wandfläche für einen gegebenen Inhalt, welche auf die Kondensation der Schwefelsäure günstig einwirkt, sofern sich dampf- oder nebelförmig vertheilte Körper weit schneller absetzen und niederschlagen, wenn ihnen die Oberfläche eines festen Körpers dargeboten ist, als im entgegengesetzten Fall. Andern Theils verursacht die Passage durch mehrere Räume und die verhältnißmäßig engen Verbindungsrohre eine kräftige Bewegung und dadurch beförderte Wechselwirkung der Gase und Dämpfe auf einander. Man bringt die Vor- und Hinterkammern gern in etwas höherem Niveau an, um der in ihnen sich verdichtenden Säure zum Abfluß in die Hauptkammer den nöthigen Fall zu ertheilen.

Es ist sehr gebräuchlich, die Hauptkammer in der Art zu kon-

struiren, daß die Seitenwände von dem untern Boden vollständig getrennt sind, welcher letztere die Gestalt eines großen flachen Kastens mit etwa 1 Fuß hohem Rande besitzt. In diesen Kasten tauchen die an dem hölzernen Gerüst der Kammer befestigten und frei herabhängenden Seitenwände ein, ohne den Boden ganz zu erreichen, so daß der obere Theil der Kammer wie eine Glocke in dem unteren Theile hängt. Da nun dieser letztere stets bis auf mehrere Zoll hoch mit der Kammersäure gefüllt bleibt, so bildet sich dadurch zwar ein völlig luftdichter Verschluß, aber bei etwa plötzlich eintretenden Verdichtungen der Gase, wie sie mitunter vorkommen und die Wände in Gefahr bringen würden, von außen nach innen eingedrückt zu werden, dient die beschriebene Anordnung als Sicherungsmittel, da ja nun von allen Seiten die äußere Luft, ohne erheblichen Widerstand zu finden, eintreten kann. Zudem ist es jedenfalls wünschenswerth, überall hinkommen und den Zustand der Kammersäure überwachen zu können.

Man findet in einigen Fabriken statt der kleinen Kammern sehr lange und weite Bleirohre. Die große chemische Fabrik in Lüneburg z. B. besitzt zwei außerordentlich große Bleikammern, in deren erste die aus den 12 Schwefelöfen kommende schweflige Säure direkt eintritt. Nachdem sich hier der größte Theil der Schwefelsäure gebildet und niedergeschlagen hat, nehmen die Gase ihren Weg durch ein etwa 2 Fuß weites, mehrere hundert Fuß langes Bleirohr in die zweite, der ersten gleiche Kammer, und aus dieser dann wieder durch ein eben solches Bleirohr weiter nach dem Gay-Lussac'schen Apparat. Die Ergebnisse dieser Kammereinrichtung sind sehr befriedigend.

Konzentration der Schwefelsäure. Dem in dem Hauptwerke hierüber Beigebrachten haben wir zunächst das Abdampfen mit oberschlächtigem Feuer hinzuzufügen, welches in allen Fällen, wo eine klare, farblose Schwefelsäure nicht verlangt wird, also namentlich zum Zwecke der Sodafabrikation, bedeutende Vortheile darbietet. Die länglich viereckige Bleipfanne von starkem, gegen 1 Zoll dickem Blei bildet den Herd eines Flammofens mit niedrigem Gewölbe, so daß die Flamme der Feuerung (Steinkohle) nahe über der Oberfläche der Säure hinwegstreicht. Sie ruht mit dem Boden auf massivem Mauerwerk, während der etwa 1 Fuß hohe Rand frei

steht, aber mit einem Kanal umgeben ist, durch welchen fortwährend Wasser fließt um das Blei zu kühlen und vor der Gefahr des Schmelzens zu bewahren. Daß sich hierbei die Säure mit hineinfallendem Ruß und Flugasche etwas verunreinigt, ist nicht zu vermeiden aber auch für den Zweck der Sodafabrikation nicht nachtheilig. Es gelingt auf diese Art leicht und mit verhältnißmäßig geringem Aufwand an Brennmaterial die Konzentration der Kammersäure von 49° auf 60° B. zu treiben.

Die Abdampfung durch Unterfeuer zum Zweck der Darstellung verkäuflicher reiner Schwefelsäure hat durch Anwendung eines kontinuirlichen Betriebes einen Fortschritt gemacht. Man legt zu dem Ende mehrere Bleipfannen terrassenförmig neben einander, so daß die in die oberste zunächst einfließende Kammersäure, nachdem sie hier vorgewärmt worden, in die zweite Pfanne fließt, wo sie schon zum Kochen kommt, von da in die dritte gelangt u. s. f. Die Feuergase der unter der letzten (untersten) Pfanne befindlichen Feuerung nehmen ihren Weg auch noch unter den übrigen Pfannen hin, welche jedoch, um gehörig zu arbeiten, noch kleinerer Separatfeuerungen bedürfen. Diese Methode des kontinuirlichen Betriebes setzt übrigens voraus, daß auch die fernere Konzentration in Platin- oder Glasgefäßen ebenfalls kontinuirlich betrieben werde.

Die bis auf 60° konzentrirte Säure besitzt für die allermeisten Anwendungen genügende Stärke, wie ja überhaupt die Schwefelsäure mit wenigen Ausnahmen vor dem Gebrauch verdünnt werden muß, und es ist in der That kaum zu erklären, daß man bloß einer kleinen Erleichterung des Transportes wegen die nicht unbedeutenden Kosten der noch weiteren Konzentration nicht lieber umgeht und auch 60grädige Schwefelsäure in den Handel bringt, was zur Zeit in Deutschland nicht gebräuchlich ist. In der That beläuft sich die Gewichtsverminderung durch die Konzentration von 60° auf 66° B. auf nicht mehr als 7 Proz.

Letzte Konzentration. Die Anwendung gläserner Retorten, welche den Platingefäßen fast überall gewichen war, hat in neuerer Zeit, besonders in England, wieder in solchem Maße Platz gegriffen, daß man dort nur selten noch Platinapparate in Anwendung findet. Es hat sich gezeigt, daß Platingefäße einer langsamen Abnutzung unterliegen, indem die fast nie fehlenden Stick-Sauerstoffverbindungen

in der Schwefelsäure auf das Platin eine korrodirende Einwirkung ausüben, die nach Beobachtungen von Scheurer-Kestner etwa 1 Gramm für je 1000 Pfd. Schwefelsäure in Auflösung bringt. Durch Zusatz einer kleinen Menge Ammoniaks, welches die sauerstoffhaltigen Stickstoffverbindungen zerstört, läßt sich dieser Gefahr für die Platinblase ziemlich begegnen.

Die jetzt in Aufnahme gekommenen Glasgefäße sind große zylindrische Kolben von 34 Zoll Höhe und 18 Zoll Durchmesser, aus bleihaltigem, daher zähem, dem Zerspringen weniger ausgesetzten Glase unter Beobachtung überall gleicher Wandstärke geblasen und sorgfältigst gekühlt. Ein solcher Kolben faßt über 300 Pfd. Schwefelsäure. Er steht in einem eisernen Sandbad und wird durch ein gebogenes Glasrohr mit einem Bleigefäß verbunden, in welchem sich das abdestillirte Wasser kondensirt. Den aus dem Sandbade vorstehenden Hals des Kolbens bedeckt man zum Schutz gegen äußere kalte Luftströmungen mit einer Thonkappe. Um Temperaturänderungen, die dem Kolben Gefahr bringen könnten, möglichst auszuschließen, setzt man in mehreren Fabriken die Arbeit damit kontinuirlich fort, indem man fortwährend die heiße 60grädige Säure direkt aus der letzten Bleipfanne einfließen und eine entsprechende Menge 66grädiger Säure durch einen Heber abfließen läßt.

In der Konstruktion der Platinapparate hat man sich bemüht, durch möglichste Ersparung an Platin die hohen Preise herabzudrücken. So liefert die Fabrik von Johnson, Matthy und Comp. in London solche Apparate, deren Gewicht bei gleicher Produktionsfähigkeit auf den vierten Theil des früher üblichen reduzirt ist. Diese Apparate haben einen großen flachen Boden, welcher allein von der Hitze getroffen wird, während sich die Blase nach oben abgerundet kegelförmig verengt. Da die Seitenwände (wenigstens von außen) keiner Beschädigung ausgesetzt sind, können sie sehr schwach genommen werden. Ein Apparat von 60 Ztr. Produktionsfähigkeit in 24 Stunden kostet nur 3033 Rthlr., während einer der bisherigen Konstruktion bei gleicher Leistungsfähigkeit etwa 14,000 Rthlr. kostet. Eine andere Londoner Platinfabrik fertigt jetzt Platinapparate an, die nur in ihrem untern Theil aus Platin bestehen, deren konischer Hut aber aus Blei gebildet ist. Es ist ein $2\frac{1}{2}$ Fuß weiter und

1½ Fuß hoher Platinkessel, dessen oberer etwas erweiterter Rand mit einer 1½ Zoll breiten Umbiegung versehen ist, welche in eine, auf dem den Kessel umgebenden Mauerwerk aufliegende, 5 Zoll breite ringförmige Platinrinne eintaucht, die zum Schutz des Platins in eine entsprechende Rinne von Eisen eingepaßt ist. In diese Rinne, die als Wasserverschluß dient, taucht auch der kegelförmige Hut von starkem Blei, der oben in einen kleinen Helm ausläuft, von welchem dann der ebenfalls bleierne Schnabel die Dämpfe in ein bleiernes Schlangenrohr abführt.[1] Die Hauptschwierigkeit hat sich darin gezeigt, den bleiernen Helm bei der starken Hitze, der er ausgesetzt ist, vor dem Einsinken zu sichern. Zu diesem Zweck hat man ihn äußerlich mit einem System von Rinnen bedeckt, durch welche Wasser fließt um die Kühlung des Hutes zu bewirken. Das in Folge dieser Kühlung an der Innenseite des Hutes sich verdichtende Wasser (oder vielmehr verdünnte Schwefelsäure) fließt an den stark geneigten Wänden in die Rinne herab und von da weiter zu dem übrigen Kondensationswasser. Eine Blase dieser Art und Größe lieferte in 24 Stunden 50 Ztr. 66grädiger Säure bei einem Steinkohlenverbrauch von 5 Ztr. Sie kostet mit allem Platinzubehör etwa 5800 Rthlr.

Hinsichtlich der in dem Hauptwerke Seite 246 nur vorübergehend erwähnten Krystalle, welche sich unter Umständen, namentlich bei mangelndem Wasserdampf, an den Wänden der Bleikammern absetzen, deren wahre Zusammensetzung bisher nicht mit Sicherheit bekannt war, ist zu erwähnen, daß jetzt durch anscheinend überzeugende Versuche von R. Weber dargethan ist, daß sich ihre Zusammensetzung durch die Formel $SO_3 . NO_3 + SO_3 HO$ ausdrückt.

Neuere Vorschläge zur Darstellung von Schwefelsäure bezwecken theils die Gewinnung derselben aus dem natürlich vorkommenden Gyps, theils die Vermeidung der kostspieligen Bleikammern.

Nachdem 1832 von Phillips und Kuhlmann gezeigt war, daß schweflige Säure mit atmosphärischer Luft und Wasserdampf

[1] Anm. Warum, wenn es sich einmal um Ersparung von Platin handelte, die erwähnte Rinne nicht von Blei genommen werden konnte, ist Ref. nicht verständlich.

durch ein mit Platinschwamm gefülltes glühendes Rohr geleitet, sich in Schwefelsäure umwandele, hat man dieses Verfahren, wodurch sowohl die Bleikammern als auch der Salpeter gespart werden würden, im Großen auszuführen versucht, leider aber gefunden, daß die Wirksamkeit des Platinschwamms nach kurzer Zeit erlischt.

Eine ähnliche von Schneider erfundene Darstellungsweise, bei welcher statt des Platinschwamms platinirter (?) Bimsstein zur Anwendung kommen soll, hat sich ebenso wenig bewährt.

Nicht minder besitzt die von Wöhler 1852 gemachte Beobachtung, daß Kupferoxyd, Eisenoxyd und Chromoxyd zu dunkler Rothglühhitze gebracht, ein darüber hinwegstreichendes Gemisch von Schwefligsäure- und Sauerstoffgas in Schwefelsäure umwandeln, zur Zeit nur wissenschaftliches Interesse.

Persoz ließ sich ein Verfahren patentiren, nach welchem die schweflige Säure durch sechsfach verdünnte auf 100° erhitzte Salpetersäure geleitet und dadurch in Schwefelsäure umgewandelt wird, während die durch Desoxydation der Salpetersäure gebildete Untersalpetersäure, welche dampfförmig entweicht, durch einen Kokesthurm streicht, in welchem sie mit Luft und Wasser zusammentritt und sich dadurch zu Salpetersäure regenerirt. Dieses im Prinzip völlig richtige und ökonomische Verfahren soll bisher nur an der Schwierigkeit gescheitert sein, ein Material zu finden, um größere Gefäße herzustellen, die der Einwirkung heißer Salpetersäure widerstehen. Sollten nicht geräumige Glaskolben von zähem Bleiglase, wie sie in England zur Konzentration der Schwefelsäure dienen, zu diesem Zweck sich eignen, und der Kokesthurm aus Zylindern von hartgebranntem Steinzeug zusammengesetzt werden können?

Für Fabriken, welche sich mit der Darstellung von Chlorkalk befassen, verdient das in der großen Fabrik von Tennant u. Komp. in Glasgow in wirkliche Anwendung gekommene Verfahren von Tennant und Dunlop große Beachtung, nach welchem der zur Schwefelsäurefabrikation dienende Natronsalpeter zugleich zur Chlorentwicklung benutzt wird und so eine entsprechende Menge Braunstein ersetzt. Ein Gemisch von Natronsalpeter und Kochsalz wird mit Schwefelsäure erhitzt, wobei neben schwefelsaurem Natron, das zur Sodafabrikation Verwendung findet, durch die Wechselwirkung der entwickelten Salz- und Salpetersäure Chlor und salpetrige Säure

entstehen. Indem man diese letzteren durch Schwefelsäure von 1,75 spez. Gew. leitet, wird wohl die salpetrige Säure, nicht aber das Chlor absorbirt, welches nun vollständig entwässert zur Sättigung des Kalkes weitergeht. Die mit salpetriger Säure gesättigte Schwefelsäure findet, wie oben bei dem Gay-Lussac'schen Apparat gezeigt, durch Zersetzung mit Wasserdampf Verwendung in den Bleikammern.

Das ebenso interessante, wie wichtige Problem, die Schwefelsäure des Gypses und Anhydrits, die in so großer Menge fast in allen Ländern vorkommen, auf leichte und ökonomische Weise zu gewinnen, hat trotz mehrfacher Versuche noch keine genügende Lösung gefunden. Bei dem Aequivalentverhältniß des wasserhaltigen schwefelsauren Kalks (86) und des wasserfreien (68) zur Schwefelsäure (49) würde der Gyps gegen 57, der Anhydrit 72 Proz. konzentrirte arsenfreie Schwefelsäure liefern.

Der Vorschlag den Gyps durch Glühen mit Kohle zu Schwefelcalcium zu reduziren, dieses durch Kohlensäure zu zersetzen, das sich entwickelnde Schwefelwasserstoffgas zu verbrennen und die gebildete schweflige Säure in Bleikammern zu leiten, muß an der außerordentlich langsamen und unvollständigen Zersetzung des Schwefelcalciums durch Kohlensäure scheitern. Eine andere, von Cary-Mantrand versuchte Zerlegung des Gypses durch wasserfreie Salzsäure bei hoher Temperatur, welche allerdings stattfindet, scheiterte an dem Umstand, daß das gebildete Chlorcalcium die noch unzersetzten Gypstheile umhüllte und vor weiterer Zersetzung schützte. Ebenso wenig hat sich der Vorschlag bewährt, ein Gemenge von Gyps und Thon oder Sand in einem besonders konstruirten Ofen bis zum Weißglühen zu erhitzen, wo unter gleichzeitiger Zersetzung der Schwefelsäure in schweflige Säure und Sauerstoff, der Kalk mit Kieselsäure zu einem Silikat zusammentritt. In einer Bleikammer kann dann die Schwefelsäure regenerirt werden. Die sehr hohe zum Gelingen dieses Prozesses erforderliche Temperatur und die schnelle Zerstörung der die Mischung beherbergenden Ofenwände setzt diesem Verfahren ein unübersteigliches Hinderniß in den Weg.

Praktisch ausführbar, obwohl doch nicht hinreichend ökonomisch ist die von Seckendorf erfundene Methode, die jedoch nur für Sodafabriken, welche die Salzsäure nicht anderweitig verwenden, bestimmt ist. Der aufs feinste pulverisirte Gyps wird mit Blei-

chlorid gemischt und mit einer großen Menge Wasser bei 60° digerirt, wodurch sich beide Salze zu Chlorcalcium, das sich auflöst, und schwefelsaurem Blei, das ungelöst bleibt, zersetzen. Nach Entfernung der Lösung des Chlorcalciums digerirt man das schwefelsaure Blei mit möglichst konzentrirter Salzsäure, wodurch Schwefelsäure und sich absetzendes Bleichlorid entsteht, welches letztere nun wieder zur Zersetzung einer neuen Portion Gyps verwendet wird. In der Ausführung zeigen sich aber drei Uebelstände: einmal der zum Erwärmen einer so großen Wassermenge erforderliche Aufwand an Brennmaterial; zweitens das Erforderniß sehr konzentrirter Salzsäure, während man in Sodafabriken nie die ganze Menge der Salzsäure in diesem Zustande erhält; drittens endlich der Umstand, daß alle im natürlichen Gyps vorhandenen fremdartigen Stoffe in dem Bleiniederschlage verbleiben und bei wiederholten Operationen denselben immer mehr verunreinigen.

Die oft schon angeregte Idee, die Rückstände der Sodafabrikation durch Salzsäure zu zersetzen und den sich entwickelnden Schwefelwasserstoff zu schwefliger Säure zu verbrennen, ist aus dem Grunde nicht mit Vortheil ausführbar, weil diese Rückstände auf 1 Aeq. Schwefel etwa 2 Aeq. Calcium enthalten, folglich zur Zersetzung 2 Aeq. Salzsäure, also die doppelte Menge von der bei der Sodafabrikation erhaltenen Salzsäure beanspruchen.

Schließlich lassen wir noch die Beschreibung eines von Verstrant erfundenen Apparates folgen, bei welchem die Bleikammer durch ein System großer Ballons von Steinzeug ersetzt ist. Der Erfinder hatte dabei nicht sowohl die Absicht, die Bleikammern überhaupt zu verdrängen, sondern einen kompendiösen, wenig kostbaren Apparat zusammenzustellen, der sich zur Selbstbereitung der benöthigten Schwefelsäure eigne, besonders an Orten, wo die Schwefelsäure des Handels nur zu unverhältnißmäßig hohen Preisen zu erlangen ist. Der von dem Erfinder in Paris aufgestellte Apparat, in welchem täglich 20 Ztr. Schwefelsäure von 50° B. dargestellt werden, nimmt bei einem Anlagekapital von nur 7000 Frs. (1833 Rthlr.) einen Flächenraum von nur 480 Quadratfuß, oder ein Quadrat von 22 Fuß Seitenlänge ein. Leider existirt über die Sache nur eine recht dürftige Beschreibung von Barreswil, die wir im Folgenden wiedergeben: Der Apparat besteht aus kolbenähnlichen

Gefäßen oder Ballons ohne Boden von Steinzeug, welche so über einander stehen, daß sie zwölf, in zwei parallelen Reihen von je sechs aufgestellte Säulen bilden, die mit Nr. 1—6 und 7—12 bezeichnet werden. Jede Säule besteht aus fünf Ballons und diese sind sämmtlich mit Kokesstücken gefüllt. Die Säule Nr. 1 nimmt die Schweflig- und Salpetrigsäuregase auf und diese streichen dann nach und nach durch die ganze Reihe der durch Röhren mit einander verbundenen Säulen. Von der Säule 2 ziehen die alsdann indifferent gewordenen Gase durch die Esse der Fabrik ab. Während sich die Gase in dieser Weise vorwärts bewegen,[1] fällt die Säure als Regen aus dem oberen Theile jeder Säule auf die Kokesstückchen hinab, benetzt diese und sammelt sich in unten angebrachten Reservoirs, aus denen sie mittelst Pumpen in ähnliche über den Säulen angebrachte Reservoirs zurückgehoben wird, aus denen sie von neuem in Regenform auf die Kokesstückchen herabfließt und zwar nicht in die Säulenreihe,[2] aus welcher sie kommt, sondern in die nächste Reihe.[2] Den beiden Säulenreihen wird, dem Gange des Betriebes entsprechend, Wasserdampf zugeführt, welcher durch die bei der Verbrennung des Schwefels entwickelte Ueberhitze erzeugt wird; die Verbrennung des Schwefels erfolgt auf gewöhnliche Weise. Drei, in einer Reihe am Kopfe des Systems aufgestellte und mit Salpetersäure zur Hälfte gefüllte Ballons nehmen das heiße Schwefligsäuregas auf, welches die Salpetersäure zersetzt und sich schon theilweise in Schwefelsäure umwandelt. Hierauf treten die Gase in die erste Säule Nr. 1, und streichen dann durch das ganze System hindurch. Die Säure, welche durch die Säulen 12, 11, 10 und 9 gegangen ist, sammelt sich in einem gemeinsamen Behälter. Sie ist die schwächste und wird in die Säulen 7 und 8 gepumpt, aus denen sie nach und nach in die Säulen 6, 5 und 4 tritt, dann in die Säule Nr. 1 gelangt und in die Säule Nr. 3 gehoben wird, worauf sie endlich aus der Säule Nr. 2 definitiv fertig abfließt; sie zeigt dann 50—53° B. Eine und dieselbe Pumpe dient nach

[1] Anm. Da die Gase zuletzt aus Nr. 2 entweichen sollen, muß man annehmen, daß ihre Fortbewegung in der Reihenfolge der Säulen Nr. 1 12, 11, 10, 9 u. s. f. bis 2 stattfindet.

[2] Statt „Säulenreihe" und „Reihe" ist wohl richtiger zu setzen „Säule."

einander zum Heben der verschiedenen Flüssigkeiten. Nach Versicherung des Erfinders sollen sich die Gestehungskosten der Säure nicht höher stellen, als wenn man Bleikammern angewendet hätte.

Heeren.

Soda.

(Zum Artikel Natron, Bd. X. S. 360.)

Ueber das in dem Hauptwerke Bd. X. S. 360 nur kurz erwähnte Vorkommen natürlicher Soda in Ungarn sind neuerdings von J. Szabo und J. Moser interessante Beobachtungen angestellt. Es ist vorzugsweise die Theißebene, in dem Landstriche zwischen der Donau und Theiß, von Kecskemét südwärts bis Szegedin, wo sich der Boden in der trocknen Jahreszeit mit mehr oder weniger starken Effloreszenzen einer unreinen Soda von nur 6 bis 15 Proz. kohlensaurem Natron, dort Székső genannt, bedeckt, doch reicht das Gebiet der Soda-Auswitterung über das Nord-Biharer und Szabolcser bis in das Unghvarer Komitat, und erstreckt sich südlich bis Titel. Es sind zum Theil flache Teiche oder kleine Seen, deren Wasser aber entweder gar keine, oder jedenfalls nur geringe Spuren von Soda enthält, die im Sommer austrocknen, worauf bei fortwährender Sonnenhitze und lebhaftem Luftwechsel das von der Oberfläche verdunstende und sich von unten her durch Kapillarität wieder ersetzende Wasser kohlensaures Natron als mehr oder weniger dicke Salzkruste zurückläßt,

Von den genannten Naturforschern ist nun nachgewiesen, daß dieses kohlensaure Natron nicht etwa schon präexistirt, sondern erst durch Wechselwirkung verwitternder, im Sande der Ebene vorhandener natronhaltiger Minerale und kohlensauren Kalkes entsteht. Wenn nach der früher angenommenen Erklärungsweise sich im Boden schwefelsaures Natron befinden und dieses sich mit dem kohlensauren Kalk zersetzen sollte, was übrigens der Erfahrung widerspricht, da umgekehrt kohlensaures Natron mit schwefelsaurem Kalk gegenseitige Zersetzung eingeht, so empfiehlt sich die Theorie der genannten Beobachter durch größere Wahrscheinlichkeit, weil eine gegenseitige Zersetzung von kieselsaurem Natron, wie es beim Verwittern von Albit und anderen natronhaltigen Mineralien entsteht, mit koh-

lensaurem Kalk den Erfahrungen nicht widerspricht. Uebrigens geht die Bildung der Soda auch an Orten vor sich, welche von den Teichen weit entfernt sind, selbst an solchen, welche über dem Niveau der Gewässer liegen, wenn nur die natronhaltigen Mineralien im Boden und eine unterliegende Thonschicht vorhanden sind, welche letztere das aus atmosphärischen Niederschlägen sich sammelnde Wasser nicht nach unten hindurchläßt, ohne seine Verdunstung von oben zu hindern.

Man verwendet die rohe von den Kehrplätzen gewonnene Soda theils direkt zur Seifenfabrikation, theils zur Darstellung einer reineren Soda von 70 bis 75 Proz. für den Handel. Es befinden sich in dem Sodabezirk zwischen Kecskemét und Szegedin fünf Raffinerien, welche im Jahre 1852 5000 Ztr., im Jahr 1858 aber kaum 3000 Ztr. raffinirter Soda lieferten. Der Mangel billigen Brennmaterials, die von Jahr zu Jahr steigenden Löhne beim Sammeln des Székső und die immer mehr wachsende Konkurrenz der künstlichen Soda haben eine allmähliche Abnahme der Produktion zur Folge gehabt.

Daß die ägyptische Soda der Sodaseen einem ganz ähnlichen Prozesse wie die ungarische ihre Entstehung verdanke, hat jedenfalls große Wahrscheinlichkeit für sich.

Künstliche Sodafabrikation.

I. Darstellung des schwefelsauren Natrons (Sulfats).

In der Einrichtung der Sulfatöfen und Vorrichtungen zum Kondensiren der Salzsäure haben seit dem Erscheinen des betreffenden Bandes des Hauptwerkes (1840) theils durch die häufigen Klagen der Nachbarschaft über die schädlichen Wirkungen der entweichenden Salzsäure und in Folge derselben häufig zu leistenden Schadenersatz, theils durch gesetzliche Bestimmungen herbeigeführt, bedeutende Verbesserungen Platz gegriffen. Besonders ein im Jahr 1856 in Belgien von einer regierungsseitig ernannten Kommission erstattetes Gutachten über die den Schwefelsäure- und den Sodafabriken entströmenden korrosiven Dünste und die Ursachen dieser Uebelstände hat viel zur Verbreitung besserer Ofenkonstruktionen und wirksamerer Verdichtungsapparate geführt, welche später in Folge eines im Jahr 1863 in England vom Parlament erlassenen

Gesetzes, der „Alkali-Akte," zu noch stärkerer Wirksamkeit angespornt worden sind. Diese Akte verlangt, daß mindestens 95 Prozent der entwickelten Salzsäure verdichtet, also nur 5 Proz. in die Atmosphäre entlassen werden. Ein von der Regierung ernannter Inspektor hat die Sodafabriken des Landes zu bereisen und die Leistungen der betreffenden Apparate zu kontroliren. Diese Maßregel hat zu dem unerwartet günstigen Erfolg geführt, daß eine Art Wettkampf unter den Sodafabrikanten entstanden ist, in dessen Folge jetzt durchschnittlich 98 Proz. verdichtet werden, und es sogar einzelnen Fabrikanten gelungen ist, die Kondensation der Salzsäure soweit zu treiben, daß die den Kondensatoren entweichende Luft durch Silbersolution getrieben, keine Trübung derselben mehr erzeugt.

Sulfatöfen. Man kann dieselben in drei Arten unterscheiden, nämlich a) mit einer Pfanne; b) Doppelöfen mit zwei Pfannen und c) Muffelöfen, in welchen die Gase der Salzsäure von den Feuergasen ganz getrennt bleiben. Bei den ersteren beiden schlägt das Feuer zunächst in den zum Kalziniren bestimmten Raum, in welchem das aus der Pfanne geschlagene Salz, aus noch unzersetztem Kochsalz und doppeltschwefelsaurem Natron bestehend, auf dem flachen Herde ausgebreitet bis zur vollständigen Entwicklung der Salzsäure erhitzt und zu völlig trocknem Sulfat kalzinirt wird. Die Flamme, durch einen zwischen der Pfanne und dem Kalzinirraum befindlichen Schieber am Zutritt zu der Pfanne gehindert, nimmt ihren Weg durch einen Kanal abwärts unter den Boden der Pfanne, um diese zu erhitzen und dann weiter entweder zum großen Fabrikschornstein, in welchem Falle die ganze Salzsäure des Kalzinirraumes in die Atmosphäre gelangt, oder vorher durch einen Kondensationsapparat. Währenddem wird eine frische Quantität Salz mit der nöthigen Schwefelsäure in der Pfanne bis zur dick breiartigen Konsistenz gebracht, wobei etwa $^2/_3$ der Salzsäure entweichen und durch einen besonderen Kanal in einen besonderen für die Pfannengase bestimmten Kondensator strömen. Bei den Doppelöfen liegen zwei Pfannen neben einander und werden abwechselnd alle 3 bis 4 Stunden in den Kalzinirraum entleert. Da nämlich die Kalzination rascher fortschreitet als die Zersetzung in den Pfannen, so reicht ein Kalzinirherd für zwei Pfannen hin. (Ein gerade umgekehrtes Verhältniß ist bei den Muffelöfen). Ist nach

Verlauf von 3 bis 4 Stunden das hinreichend kalzinirte Sulfat aus einer Thür in der Seitenwand des Ofens gezogen, so öffnet man den Schieber und füllt den Inhalt der Pfanne auf den Herd des Kalzinirraumes, schließt den Schieber und besetzt die Pfanne mit frischem Material.

Muffelöfen. Diese 1836 von Gossage erfundenen, später 1839 von Gamble verbesserten Oefen verdanken ihre Entstehung theils dem Wunsche, den ewigen Entschädigungsklagen zu entgehen, theils auch der Absicht, die Ausbeute an Salzsäure zu erhöhen, weil die früher als werthlos verachtete Salzsäure durch die Ausdehnung der Chlorkalkfabrikation, sowie durch ihre massenhafte Verwendung zum Wiederbeleben der Beinkohle in den Zuckerfabriken, durch die Benutzung zur Salmiakfabrikation aus dem Gaswasser der Leuchtgasfabriken, und zu vielen anderen technischen Zwecken sich zu einem nutzbaren, selbst werthvollen Artikel emporgeschwungen und den Bemühungen, ihren Verlust auf ein Minimum zu reduziren, einen neuen Impuls gegeben hatte. Dennoch haben die Muffelöfen gewisser Uebelstände wegen, die wir später anführen werden, noch keineswegs allgemeine Einführung gefunden, und man sucht in vielen, namentlich englischen Fabriken durch verstärkte Kondensationsvorrichtungen dem Entweichen salzsaurer Dämpfe zu begegnen.

Das Wesentliche der Muffelöfen besteht in der Konstruktion des Kalzinirraumes, der eine große gemauerte Muffel bildet, die am Boden flach, oben aber flach zugewölbt ist und von außen erhitzt wird. Dabei läßt man die Flamme der Feuerung zuerst über das Gewölbe der Muffel hinweg gehen, sodann herabsteigen und durch mehrere Züge unter dem flachen Herde weiter ziehen. Zum Erhitzen der Pfanne reicht, wenigens bei schneller Arbeit, wie sie jetzt meistens betrieben wird, die von der Muffel abziehende Hitze nicht aus, und man pflegt daher der Pfanne eine besondere Feuerung zu ertheilen. Die aus den beiden Abtheilungen des Ofens durch Leitungen von hartgebrannten Thonröhren abziehende Salzsäure wird entweder zusammen, oder besser getrennt verdichtet, weil die aus der Muffel abziehenden Gase wegen der in diesem Theil des Ofens herrschenden Glühhitze eine nicht unbeträchtliche Menge Schwefelsäure mit sich führen, mithin eine schwefelsäurehaltige Salz-

säure liefern, die für manche Verwendungen, so z. B. zur Wiederbelebung der Beinkohle, sich nicht eignet.

Die Vorzüge der geschlossenen muffelartigen Sulfatöfen liegen nicht allein in der vermehrten Schnelligkeit der Kondensation durch Fernhaltung fremder und unkondensirbarer Gase, sondern auch darin, daß das Volumen der den Kondensator durchströmenden Gase ein weit kleineres, mithin die Geschwindigkeit der Fortbewegung eine sehr verminderte und daher auch die erforderliche Kühlung vor dem Eintritt in den Kondensator weit leichter zu erreichen ist. Auf der anderen Seite konsumiren sie, weil sich die Wärme nur durch Vermittlung der Gewölbe- und Herdmauern dem Inhalte mittheilt, bei weitem mehr Brennmaterial, auch arbeiten sie aus demselben Grunde langsamer. Für den Arbeiter liegt eine große Unbequemlichkeit darin, daß es im Ofen ziemlich finster ist, und er beim Umrühren der Masse, sowie beim Entleeren des Ofens nichts sehen kann, während in einem offnen Ofen der Herd durch die Flamme der Feuerung stets hell beleuchtet ist. Endlich fehlt auch die bei offnen Oefen so wirksame rasche Entfernung der Salzsäuregase durch den Luftzug. Dieß sind die Gründe der schon erwähnten langsameren Arbeit des Muffelofens, durch welche man, zumal bei rascher Fabrikation, genöthigt ist, jeder Pfanne zwei Kalzinirmuffeln zu ertheilen, und sie in abwechselnder Ordnung mit dem Inhalt der Pfanne zu besetzen.

In den Zeichnungen Fig. 7, 8 und 9 auf Taf. 120 ist ein Sulfatofen der neueren Konstruktion im vertikalen Längen- und Querdurchschnitt nach den Linien OP und QR und im horizontalen Durchschnitt dargestellt. A die sehr starke gußeiserne Pfanne, B der Kalzinirherd, beide von flachen Gewölben überspannt, die mittelst der darüber befindlichen Feuerkanäle von oben erhitzt werden können. a Abzugskanal für die in der Pfanne, b desgleichen für die in dem Kalzinirraum entwickelte Salzsäure. c Oeffnung zum Eintragen des Salzes und zum Durcharbeiten des Inhaltes der Pfanne; sie bleibt für gewöhnlich durch eine Schieberthür geschlossen. dd Arbeitsöffnungen zum Durcharbeiten des Sulfats im Kalzinirraum, ee Roste zum Heizen des Kalzinirofens, ff dergleichen zum Heizen der Pfanne. Die Flamme der letzteren Feuerungen steigt zunächst in die Höhe durch den Raum über dem Pfannengewölbe, um dieses zum Glühen

zu bringen, dann durch die Kanäle gg herab unter der Pfanne hindurch, endlich durch die Kanäle hh abwärts in einen unterirdischen Abzug zum großen Schornstein der Fabrik. In ähnlicher Weise tritt die Flamme der Feuerungen ee zuerst bei l über das Gewölbe des Kalzinirraumes, dann durch die Kanäle iiii abwärts in die Kanäle kkkk, um den Heerd von unten zu erhitzen und schließlich durch den gemeinschaftlichen Kanal m in den Schornstein abzuziehen. Die Kanäle a und b treten unter der Erde in die Leitungen, welche die Gase der Pfanne und des Kalzinirraumes getrennt nach ihren Kondensatoren abführen. Daß sich in der Oeffnung zwischen Pfanne und Kalzinirraum ein Schieber befinden muß, der nur beim Ueberfüllen des Sulfats aus der Pfanne in den Kalzinirofen geöffnet werden darf, sonst aber zur Aufrechthaltung der Separation der Gase geschlossen bleiben muß, versteht sich von selbst.

Es kommen übrigens vielfache Abweichungen vor. So die Einrichtung, daß auch das Gewölbe der Pfanne aus einer gußeisernen Schale gebildet ist, die sich aber begreiflicher Weise nur einer kurzen Lebensdauer erfreuet und außerdem die abziehenden Gase mit Eisenchlorid verunreinigt. Ferner der Betrieb des ganzen Sulfatofens durch eine einzige Feuerung, welche zuerst den Kalzinirraum von oben und unten, und sodann die Pfanne von unten erhitzt. Es fehlt dann die Erhitzung des Pfannengewölbes von oben, welche gerade zur Beschleunigung des Zersetzungsprozesses einen bedeutenden Einfluß ausübt und auch dazu dient, dem lästigen Aufsteigen der schaumigen Masse entgegen zu wirken. Nicht selten findet man zwei Sulfatöfen unmittelbar zusammengebauet (Doppelöfen), wo dann die Salzsäure durch gemeinschaftliche, in der Zwischenwand der Oefen liegende Abzugkanäle abzieht.

Die vorhin bezeichneten Uebelstände, welche den geschlossenen Muffelöfen unvermeidlich anhängen, haben sich bisher ihrer allgemeinen Einführung entgegengestellt, wie man denn auch noch jetzt, besonders an Orten, wo es an lohnendem Absatz guter starker Salzsäure fehlt, noch offene Oefen antrifft.

Die Zuleitung der Schwefelsäure in die Pfanne erfolgt durch ein Bleirohr, welches entweder von oben durch das Gewölbe, oder, wo dieses erhitzt wird, durch eine Seitenwand eintritt. Zum bequemen Abmessen der zu jeder Operation erforderlichen Quantität

Schwefelsäure dient ein länglich viereckiger Bleikasten von genau rechtwinkliger Gestalt, dessen eine Seitenwand (nach innen) eine Theilung nach Zollen enthält, wodurch der Arbeiter in den Stand gesetzt ist, durch Füllung des Kastens bis zu einer beliebigen Höhe ein beliebiges Quantum Säure abmessen zu können. Dieser Meßkasten muß sich in hinreichender Höhe befinden, um dem von seinem Boden ausgehenden, unterirdisch fortlaufenden und in die Pfanne des Sulfatofens einmündenden bleiernen Leitungsrohr den nöthigen Fall zu ertheilen. Natürlich befindet sich in dem Meßkasten ein Ventil, bei dessen Oeffnung erst die Säure abfließt.

Die Möglichkeit, in eisernen Pfannen ein, wenn auch nicht eisenfreies, doch aber nicht übermäßig mit Eisen verunreinigtes Sulfat herzustellen, beruht auf dem Umstande, daß sich die Innenseite der heißen Pfanne bald mit einer Kruste fest angebrannten Sulfats überzieht, aber dennoch entgeht sie nicht vollständig der Korrosion, weshalb man ihr eine bedeutende Wandstärke ertheilen, aber auch desto vorsichtiger beim Heizen zu Werke gehen muß, um sie vor dem Springen zu bewahren. Gerade in dieser Beziehung ist die vorhin angeführte und in den Zeichnungen veranschaulichte Anwendung von Oberhitze nicht genug zu empfehlen. Der Eisengehalt des Sulfats zeigt sich deutlich durch die zitronengelbe Farbe, die es im heißen Zustande beim Austritt aus dem Kalzinirofen besitzt, die freilich beim Erkalten fast vollständig verschwindet. Nichtsdestoweniger ist ein in eisernen Pfannen fabrizirtes Sulfat zur Glasfabrikation, wenn es sich um farbloses Glas handelt, nicht zu brauchen, wogegen es zu dem gewöhnlichen halbgrünen Tafelglase allgemein Anwendung findet.

Eine Pfanne von 10 Fuß Durchmesser und 3½ Fuß Tiefe, etwa 100 Ztr. wiegend, genügt zur stündlichen Verarbeitung von 10 Ztr. Salz, also in 24 Stunden 240 Ztr. Eine so schnelle und massenhafte Arbeit, wie sie namentlich in den englischen Fabriken gebräuchlich ist, führt aber leicht den Nachtheil einer unvollkommenen Zersetzung des Salzes herbei, denn in Folge der schon beim Beginn der Operation vorhandenen starken Hitze überziehen sich die Theilchen des Salzes, bevor sie vollständig zersetzt sind, mit einer harten Kruste von schwefelsaurem Natron, welche dem ferneren Eindringen der Schwefelsäure hindernd entgegentritt. Im Gefolge dieses Uebel-

standes kann dann noch ein anderer auftreten, daß nämlich die zugesetzte Schwefelsäure, da sie nur unvollständig mit Natron gesättigt wurde, sich mehr auf das Eisen der Pfanne wirft und ein sehr eisenhaltiges Produkt erzeugt, kenntlich an der, auch nach dem Erkalten, röthlichen Farbe. Schrader fand in einem solchen fehlerhaften röthlichen Sulfat 12½ Proz. Kochsalz, während die guten Parthien derselben Operation nur 2½ Proz. desselben enthielten.

In den meisten Sodafabriken des Kontinents, welche sich der Darstellung einer recht reinen, hochgradigen Soda befleißigen, arbeitet man langsamer, verwendet 2—3 Stunden zu jeder Operation und vermeidet dadurch auch das sonst so häufige Springen der Pfannen.

Die Schwefelsäure anlangend, so verwendet man sie allgemein in der Stärke von 60° Baumé und berechnet ihre Menge gewöhnlich so, daß sie nicht völlig zur Zersetzung des Kochsalzes hinreicht, daß vielmehr etwa 2 Proz. desselben unzersetzt verbleiben. Theoretisch würden 100 reines Chlornatrium 102,1 Schwefelsäure von 60° erfordern, wenn aber das in den Sodafabriken zur Verwendung kommende, ohnehin etwas unreine Salz etwa 95 Proz. reines Chlornatrium enthält, und man 2 Proz. desselben unzersetzt lassen will, so berechnet sich die Menge der Schwefelsäure zu 95 Prozent des Salzes.

Kondensation der Salzsäure. Beständen die dem Sulfatofen entweichenden Gase aus reinem Chlorwasserstoff, so würde die Verdichtung desselben mit größter Leichtigkeit von Statten gehen. Leider stellen sich im Großen die Verhältnisse ungünstiger, weil, selbst bei geschlossenen Sulfatöfen, eine gewisse Beimischung atmosphärischer Luft, die beim Umrühren der Massen durch die Arbeitsthüren, besonders des Kalzinirraumes, oft auch durch andere mangelhafte Verschlüsse des Apparates eintritt, der raschen Absorption des Chlorwasserstoffgases erschwerend entgegentritt.

Die zur Kondensation dienenden Apparate sind:

1) große zweihälsige Kondensationsflaschen von hartgebranntem Thon (bombonnes, tourilles);
2) flache Sandsteinkasten (Trogapparate);
3) Kokesthürme.

Ueber die schon im Hauptwerke erwähnten und in Fig. 13 und 14, Taf. 221 des Atlas abgebildeten Flaschen ist noch hinzuzufügen,

daß sie jetzt gewöhnlich die in Fig. 10 auf Taf. 120 dargestellte Gestalt und Einrichtung erhalten. Man ertheilt ihnen sogenannte Ueberläufer, nämlich Glasröhren, mittelst deren die Säure von einer Flasche in die andere benachbarte fließen, und so successiv ihren Weg durch die ganze Batterie der aufgestellten Flaschen nehmen kann. Die Flaschen enthalten zu dem Ende bei a a kleine Löcher und vor denselben aufsteigende röhrenförmige Ränder b b. Werden nun heberförmig gebogene Glasröhren eingesenkt, so befindet sich die in je zwei benachbarten Flaschen enthaltene Flüssigkeit in Kommunikation, und läßt man in die letzte Flasche der Batterie langsam und gleichmäßig Wasser zufließen, so tritt ein entsprechender Abfluß durch sämmtliche Flaschen ein, während in die erste die dem Sulfatofen entströmenden salzsauren Gase eintreten. Diese nehmen also ihren Weg in entgegengesetzter Richtung von der Richtung der Flüssigkeit, wodurch die Absicht erreicht wird, das durchfließende Wasser zuerst mit den schon am meisten erschöpften, zuletzt aber mit frischen Gasen in Berührung zu bringen, und so auf der einen Seite einen beständigen Abfluß konzentrirter Salzsäure zu erhalten, auf der anderen Seite aber die Gase je nach der Anzahl der Flaschen mehr oder weniger zu erschöpfen. Enthält die Batterie sehr viele Flaschen, so wird es nöthig, sie auf einer terrassenförmig etwas ansteigenden Unterlage aufzustellen, um den Abfluß von einer in die andere zu erleichtern. Die aus der letzten Flasche abziehenden Gase treten dann zu noch weiterer Erschöpfung in einen Kokesthurm. Häufig findet man die Anordnung so getroffen, daß zum Speisen der Batterie nicht Wasser, sondern die aus dem Kokesthurm abfließende schwache Säure dient, in welchem Fall bei einer kleinen Anzahl von Flaschen doch eine konzentrirte Säure gewonnen werden kann. Da aber die Thurmsäure durch den Eisengehalt der Kokes, besonders wenn diese nicht schon sehr lange gedient haben, mehr oder weniger gelb gefärbt zu sein pflegt, so verdient diese Methode, wo es sich um eine für den Verkauf bestimmte möglichst wenig gefärbte Säure handelt, keine Empfehlung.

Eine der Kondensation im Wege stehende Schwierigkeit liegt in der hohen Temperatur, mit welcher die Gase dem Sulfatofen, besonders dem Kalzinirofen, entströmen und welche die Absorption um so mehr erschwert, als ohnehin durch die Sättigung des Wassers

mit Chlorwasserstoff sich beträchtliche Wärme entwickelt, weßhalb es auch unmöglich ist, eine ganz gesättigte Säure zu erhalten, wenn die heißen Gase sofort in die Kondensationsflaschen eintreten; aber diese sollen auch nicht allein zur Verdichtung, sondern wesentlich auch zur Kühlung der Gase vor ihrem Eintritt in den Kokesthurm dienen. Erfahrungsmäßig geht es auch so, denn wenn gleich die ersten Flaschen sehr heiß werden, so erlangt doch die Säure in ihnen die im Handel übliche Stärke von 20 bis 21° B., entsprechend etwa 85 Proz. einer höchst gesättigten Säure.

Trogapparate. Wenn die vorhin besprochenen Kondensationsflaschen in der größten Weite des Bauches etwa 2½ Fuß Durchmesser, mithin im Querschnitt gegen 5 Quadratfuß besitzen und ebenso viel Flüssigkeitsoberfläche dem darüber hinwegstreichenden Gase darbieten, so ließ sich der Zweck, eine genügend große Berührungsfläche herzustellen, auf einfachere und wohlfeilere Art erreichen, indem man flache kastenförmige Behälter oder Tröge von Sandstein herstellt, wie solche in der That von einigen Fabriken adoptirt worden sind. Es sind dieß länglich viereckige Kasten, deren unterer Theil aus einem Stück gehauen sein muß. Die Größe richtet sich nach den Dimensionen des disponiblen Sandsteins und kann (im Lichten) etwa 12 Fuß Länge bei 6 Fuß Breite und 2½ Fuß Höhe betragen. Durch vier in Nuthen eingelassene Seitenplatten wird die Höhe auf 4 Fuß gebracht und dann der Kasten durch drei einfache Steinplatten geschlossen, wie Fig. 1 auf Taf. 121 zeigt. Zwei im Innern angebrachte Zwischenwände a a Fig. 1 und 2 nöthigen die Flüssigkeit durch die unten am Boden befindlichen Oeffnungen b b sich schlangenförmig hindurch zu winden, wie in Fig. 3 durch Pfeile angedeutet ist, und so einen längeren Weg zu beschreiben, während die Gase in entgegengesetzter Richtung mittelst der Oeffnungen e e ihren Weg durch den Kasten nehmen. Die Pfeile zur Rechten in Fig. 3 deuten die Fortbewegung der Gase, jene zur Linken die Fortbewegung der Säure an. Eine Batterie von 5 solchen Trögen von je 72 Quadratfuß Berührungsfläche vertritt die Stelle von 75 Absorptionsflaschen, und zwei derartige Batterien, eine für die Säure der Pfanne, die zweite für jene des Kalzinirraums, reichen in Verbindung mit zwei Kokesthürmen zur Kondensation der aus einem Sulfatofen mittlerer Größe entweichenden Salzsäure hin.

Die Tröge werden terrassenförmig mit etwa 3 Zoll Höhenunterschied aufgestellt und durch Glasröhren i i in Verbindung gesetzt, deren einer abwärts gebogener Schenkel bis nahe auf den Boden herabreicht, um nur immer die stärkste, schwerste Säure aufzunehmen und weiter zu befördern, deren anderer horizontaler Schenkel aber in der halben Höhe des nächsten Troges einmündet. M. s. Fig. 1 und 2. Die Zirkulation der Gase wird durch weite in die Deckplatten eintretende Röhren c c von hartgebranntem Thon vermittelt. Man tränkt diese Tröge mit durch Eindampfen von Steinkohlentheer gewonnenem Steinkohlenpech, welches recht heiß aufgetragen, möglichst tief in den Sandstein eindringen muß, und stellt sie zum Zweck der Kühlung in große Bassins, worin sie bis zur halben Höhe mit fließendem kaltem Wasser umgeben sind. Fig. 3 zeigt die Anordnung zweier Batterien von je 5 Trögen, und ihre Verbindung mit einem doppelten Kokesthurm, um die Gase der Pfanne und des Kalzinirraums getrennt zu verdichten. Die Kanäle, welche die schwache Thurmsäure in die Tröge führen, sind in Fig. 3 nicht sichtbar, weil sie unter den Gaskanälen liegen.

Kokesthürme. Weder die Absorptionsflaschen noch die Trogapparate sind im Stande, die Verdichtung der Salzsäure zu beendigen, weil der freie Raum oder Kanal, durch welchen der Gasstrom seinen Weg zu nehmen hat, einen verhältnißmäßig großen Querschnitt besitzt, der Gasstrom nur oberflächlich mit einem fast ruhigen glatten Flüssigkeitsspiegel in Berührung kommt und die schnelle Fortbewegung der im Zustande eines feinen Nebels fortgerissenen Theilchen der Salzsäure sie verhindert sich abzusetzen. Weit vollkommener zeigt sich die Wirkung der Kokesthürme, hoher, von Sandstein konstruirter und mit Kokesstücken gefüllter schachtförmiger Räume, in welchen fortwährend Wasser herabrieselt. Die von unten eintretenden Gase sind somit genöthigt, ihren Weg durch die vielen Zwischenräume der Kokes zu nehmen und unterliegen so einer Art Filtration, wobei sie mit einer fast unermeßlich großen, nassen, rauhen Oberfläche in Berührung gehalten werden, die eine überraschend günstige Wirkung hervorbringt.

Die Dimensionen der Kokesthürme, namentlich die Höhe derselben, sind so verschieden, daß sich im Allgemeinen nur sagen läßt, je höher desto besser. Für Sulfatöfen mit offenem Kalzinirraum,

aus welchen die Salzsäure mit den Feuergasen gemischt entweicht, ist eine Höhe von 60 bis 80 Fuß nichts seltenes, doch findet man sie in England selbst bis zu 120 Fuß hoch. Der innere Querschnitt beträgt 3 bis 6 Fuß im Quadrat. Fig. 2 zeigt das untere Ende eines Kokesthurms, dessen 1 Fuß starke Seitenwände aus Sandstein mit Nuth und Feder verbunden sind. Durch den Kanal c treten die in den Trögen oder Flaschen unverdichtet gebliebenen Gase ein, während die flüssige Salzsäure entweder durch das Rohr d in den Trogapparat oder die Flaschenbatterie abfließt, oder auch für sich als schwache Säure aufgefangen wird. Die obere Mündung des Thurms ist mit einer Sandsteinplatte geschlossen, auf welcher eine Wasserzisterne steht, die mittelst eines von unten zu regulirenden Hahns das Wasser in der erforderlichen Menge auf die Kokes ausfließen läßt. Damit sich das Wasser über die Kokes gleichförmig verbreite, sind verschiedene Vorrichtungen in Anwendung, unter welchen der Kipptrog eine nähere Erwähnung verdient. Es ist ein bleierner Doppeltrog von der aus Fig. 4, Taf. 121, ersichtlichen Gestalt, der sich um die an dem unteren Winkel bei a befindliche Achse dreht, jedoch durch Widerlagen b c an beiden Seiten verhindert wird, ganz umzuschlagen. Hat sich die eine unter dem Hahn befindliche Abtheilung d allmählich mit Wasser gefüllt, so bekommt sie das Uebergewicht; der Trog kippt nach dieser Seite um und schüttet das Wasser in einem plötzlichen Guß über die Kokes dieser Seite aus. Der Trog befindet sich nun in der durch Fig. 5 angedeuteten Stellung, so daß sich nunmehr die Abtheilung e mit Wasser füllt, die dann wieder nach einiger Zeit das Uebergewicht bekommt und den Trog nach der rechten Seite umschlagen macht.

Eine andere, ebenfalls sehr wirksame Vorrichtung zur Ausbreitung des Wassers gleicht im Wesentlichen der Segner'schen Reaktionsmaschine. Wieder eine andere Wasserzuführung besteht in einer Anzahl enger Röhrchen, aus welchen das Wasser ausfließt, um auf einen Rost dreieckiger Stäbe oder auf flache Thonplatten zu fallen und von da aufspritzend sich nach allen Seiten auszubreiten.

In geringer Entfernung über der unteren Einströmungsöffnung ist von hart gebrannten Steinen, wie aus der Zeichnung ersichtlich, ein starker Rost r, oder auch ein mit vielen Löchern durchbrochenes Gewölbe konstruirt, welches der Füllung des Thurms zur Unterlage

dient. Die Kokes können etwa die Größe einer Faust oder selbst die eines Kinderkopfes haben; denn zu klein würden sie den Durchgang der Gase zu sehr erschweren, zu groß dagegen nicht die gewünschte Wirkung machen. Von Wichtigkeit ist das gleichmäßige Einlegen der Kokes, wobei man suchen muß, den Zwischenräumen gleiche Größe zu ertheilen. Ohne diese Vorsicht kann es leicht geschehen, daß sich der Durchzug der Gase auf einzelne Stellen der Füllung, die weitere Zwischenräume darbieten, wirft, und andere, dicht gefüllte Stellen ganz unberührt läßt. In der That sind die Fälle nicht selten, wo große, auf bedeutende Wirkung berechnete Kondensationsthürme fehlschlugen und erst, nachdem man sie entleert und mit größerer Sorgfalt wieder gepackt hatte, regelrecht arbeiteten.

Die gewöhnlich warm in den Kokesthurm einströmenden Gase erregen wohl den zum Aufsteigen und Durchwinden durch die Zwischenräume der Kokes nöthigen Zug, doch findet man häufig, besonders bei dichterer Packung und hohen Thürmen, wo die Gase auf ihrem weiten Weg erkalten, zur Vermehrung des Zuges den großen Fabrikschornstein zu Hülfe genommen. Es sind dann zwei Kokesthürme, oder gewöhnlich zwei Abtheilungen desselben Thurms neben einander, in deren einer die Gase aufwärts-, in der andern wieder herabsteigen, um von hier durch einen unterirdischen Kanal nach dem Schornstein zu gelangen; eigentlich eine fehlerhafte Anordnung, weil nun in der zweiten Abtheilung Wasser und Gase sich in einer und derselben Richtung fortbewegen. Man hat daher auf einigen Werken das obere Ende der ersten Abtheilung durch ein weites, an der Außenseite des Thurmes herabgehendes Rohr von hartgebranntem Thon, natürlich aus mehreren kurzen Rohrstücken zusammengesetzt, mit dem unteren Ende der zweiten Abtheilung verbunden, um den Gasen auch hier eine aufsteigende Bewegung zu ertheilen. Dann aber muß auch vom oberen Ende der zweiten Abtheilung ein zweites Rohr herabsteigen, um die Verbindung mit dem Fabrikschornstein zu vermitteln. Uebrigens läßt sich eine, wie oben erwähnt, so vollständige Kondensation, daß die abziehenden Gase nicht mehr auf Silbersolution reagiren, nur durch Anwendung mehrerer Kokesthürme erreichen, deren letzter außerdem einen sehr starken Wasserzufluß erhält und eine ganz schwache, keiner Anwendung fähige Salzsäure liefert.

Man findet in einigen Sodafabriken die Verdichtung der Salzsäure lediglich Kokesthürmen zugewiesen, aber es ist in diesem Fall zweckmäßig und auch gebräuchlich, die Gase vorher durch lange horizontalliegende Röhrenleitungen abzukühlen, weil in dem Kokesthurm eine Abkühlung nicht mehr erfolgt. Ist doch in England schon der Fall vorgekommen, daß sich bei mangelnder Kühlung und unvorsichtigem Betriebe die Kokes im Kokesthurm entzündeten.

In Folge des nie fehlenden, oft sehr bedeutenden Gehaltes an Schwefeleisen in den Kokes, welches sich in der Salzsäure löst, besitzt die Säure in der ersten Zeit durch den Eisengehalt eine dunkelgelbe oder braune Farbe, und erst nach Monaten kommt allmählich die Farbe auf ein helles Gelb zurück, wie es sich bei der käuflichen Salzsäure findet. Eine farblose Säure dürfte im Großen wohl nie erfolgen, weil die kleinsten Spuren von Eisenoxyd schon bemerkliche Färbung bewirken, solche Spuren aber theils durch Verflüchtigung von Eisenchlorid aus dem Sulfatofen, theils selbst durch das Kondensationswasser, Staub und andere Zufälligkeiten hineingelangen.

Kein Land ist im Stande, in der Ausdehnung der Sulfatproduktion mit England zu wetteifern. Im Jahre 1866 besaß England 63 Sodafabriken mit 126 einfachen und 31 doppelten Sulfatöfen mit einer Pfanne und zwei Kalzinirräumen. Von den 188 Kalziniröfen waren 112 Muffeln, die übrigen 76 offene Flammöfen. Das Gesammtquantum des in diesem Jahre zersetzten Kochsalzes betrug 6,864,000 Zentner.

Nachträgliche Bemerkungen über die Kondensation der Salzsäure.

Ueber die allmähliche Kondensation der Salzsäure wurde in der Sodafabrik von Garret in Wigan, welche mit Trogapparaten, Kondensationsflaschen und Kokesthürmen arbeitet, der interessante Versuch angestellt, die Menge der in diesen Apparaten successiv zur Verdichtung kommenden Salzsäure genau zu bestimmen. Von der in der Pfanne entwickelten Säure verdichteten:

1) die steinernen Trogapparate	66,04	Prozent
2) die darauf folgenden Kondensationsflaschen	33,396	„
3) endlich der Kokesthurm	0,562	„
Unkondensirt blieben	0,002	„

Diese ausgezeichnete Wirkung erklärt sich daraus, daß sich der

Versuch nur auf die Säure der Pfanne bezog, und daß man sehr langsam arbeitete, da die Operation vier Stunden dauerte. Bei rascherer Arbeit würde dem Kokesthurm ein weit größerer Antheil zugefallen sein.

Zur Ermittlung der Menge wirklich kondensirter Salzsäure nach Prozenten der entwickelten Säure benutzt man in England einen großen aus Steinplatten zusammengesetzten genau rechtwinklig gearbeiteten Kasten von etwa 100 Kubikfuß Inhalt, in welchem die aus den Kondensatoren abfließende Salzsäure aufgefangen und gemessen wird. Zur möglichst genauen Bestimmung des Niveaus der Säure ist an der einen Seitenwand ein mit dem Innenraum kommunizirendes Glasrohr, sogenannter Wasserstand, mit dahinter befindlichem Maßstab angebracht. Aus dem Volumen und dem mittelst eines Aräometers bestimmten spezifischen Gewichte der Säure berechnet sich die Gewichtsmenge derselben. Um diese mit der wirklich entwickelten Salzsäure zu vergleichen, wird das zu verarbeitende Salz auf seinen Gehalt an reinem Chlornatrium analytisch untersucht, nicht minder auch das gewonnene Sulfat, welches gewöhnlich noch einige Prozente Chlornatrium enthält; hieraus ergibt sich dann die Menge des wirklich zersetzten Chlornatriums, folglich auch die der wirklich gebildeten Salzsäure.

Um den Fabrikanten, sowie auch den Inspektor in den Stand zu setzen, den Gehalt der den Kokesthürmen entströmenden Gase an Salzsäure einigermaßen beurtheilen zu können, ist von Fletcher ein selbstwirkender Apparat erfunden, welcher das zu prüfende Gas ansaugt und zugleich durch eine Auflösung von salpetersaurem Silber treibt. Es ist ein kleiner Blasebalg, welcher saugend wirkt und durch ein Rohr mit dem Raume, z. B. dem oberen Ende eines Kokesthurmes, dessen Gas untersucht werden soll, in Verbindung steht. Zwischen dem Blasbalg und dem langen Saugrohr befinden sich zwei kleine Woulfe'sche Flaschen mit der Silberlösung und das Gas ist durch eintauchende Glasröhren genöthigt hindurchzustreichen. Als Triebkraft zur fortdauernden Bewegung des Blasbalgs wendet der Erfinder ein Flügelrad an, das sich in einer Oeffnung des Fabrikschornsteins befindet und durch den Zug der mit großer Schnelligkeit eindringenden Luft umgetrieben wird. Natürlich erfährt man hier-

durch nicht die wirkliche Menge der dem Kokesthurm unverdichtet entströmenden Salzsäure.

Zur Füllung der Thürme sind außer Kokes auch andere Materiale in Anwendung gebracht, so namentlich Schamottsteine, welche den Vortheil darbieten, sehr regelmäßig angeordnet werden zu können und die Salzsäure nicht durch Eisen zu verunreinigen, es fehlt ihnen aber die Porosität, der die Kokes in hohem Grade ihre Wirksamkeit verdanken. Nach einer anderen Erfindung von Collier werden kubische mit durchgehenden Löchern siebartig durchbrochene Steine angewandt. Man legt sie in der Art auf einander, daß die Löcher des einen nicht genau auf die des anderen passen, sondern daß sie nach der einen Seite etwas verschoben sind, wodurch Verengungen der Passage und eine kleine Wendung entsteht, die die Verdichtung der durchziehenden Gase sehr wirksam unterstützt.

Anderweite Verfahrungsarten und Vorschläge zur Sulfatbereitung mögen nur kürzer besprochen werden, weil sie theils in geringer Ausdehnung, theils noch gar nicht in Betrieb gekommen sind. Es gehören dahin:

1) Glaubersalz aus der Mutterlauge von der Gewinnung des Seesalzes. Diese Methode, welche in südlichen Gegenden, wo Seesalz gewonnen wird, hier und da, so namentlich in der Fabrik von Merle und Komp. in Alais in Ausübung ist, beruht auf der gegenseitigen Zersetzung von Chlornatrium und schwefelsaurer Magnesia, die sich beide in der Mutterlauge finden, mittelst Kälte. Einer Kälte von 0° ausgesetzt scheiden sich etwa $^{8}/_{10}$ der Menge schwefelsauren Natrons aus, welche sich bei vollständiger Zersetzung bilden könnte, und nach einer Berechnung von Balard würde aus dieser Quelle der Gesammtbedarf Frankreichs an Sulfat, der 50 Millionen Kilogr. betragen soll, gedeckt werden können. Leider fehlt gerade in diesen südlichen Gegenden die erforderliche Winterkälte, und man hat sich daher genöthigt gesehen, die Abkühlung der Mutterlaugen mittelst der Carré'schen Eismaschine zu bewirken. Dieß, sowie die nachher erforderliche Entwässerung der gegen 60 Proz. Krystallisationswasser enthaltenden Krystalle, stellt die Kosten dieser Gewinnungsart ziemlich hoch.

2) Glaubersalz aus den Rückständen der Chlorkaliumfabrikation aus dem Staßfurter Abraumsalz. Nachdem durch die Entdeckung

des kolossalen Steinsalzlagers und der über demselben liegenden mächtigen Schicht kali- und magnesiahaltiger Salze (Abraumsalz) zu Staßfurt, unweit Magdeburg, sich eine außerordentlich umfangreiche, gegenwärtg 14 Fabriken beschäftigende Industrie, die Darstellung von Chlorkalium ausgebildet, hat man sich bemüht, den, einen Theil des Abraumsalzes bildenden Kieserit, nämlich wasserfreie schwefelsaure Magnesia, nutzbar zu machen, und zu dem Ende verschiedene Methoden vorgeschlagen. a) Die Rückstände des Abraumsalzes, welche nach dem Auflösen des Karnallits ($2\,MgCl + KCl + 12\,HO$) verbleiben und 55 bis 60 Proz. Kochsalz und 25 bis 30 Proz. schwefelsaure Magnesia enthalten, werden durch anhaltendes Kochen, da der Kieserit sehr schwer löslich, aufgelöst und der Frostkälte ausgesetzt. Um die Kosten künstlicher Kälteerzeugung zu umgehen, hat man bisher nur den Winterfrost in Anwendung gebracht. So wurden in dem sehr kalten und langen Winter 1864—65 kaum 15,000 Ztr., im Winter 1865—66 kaum 100,000 Ztr. Glaubersalz gewonnen, entsprechend resp. 6000 und 40,000 entwässerten Sulfats. Eine solche, gänzlich von Witterungsverhältnissen abhängige Fabrikation eignet sich nicht zu einem regelmäßigen Betriebe, auch stellen sich die Gewinnungskosten nicht niedriger als die der gewöhnlichen Art mittelst Schwefelsäure.

b) Clemm hat eine andere Methode ermittelt. Wird 1 Aeq. Kochsalz mit 2 Aeq. Kieserit gekocht, so geht das erstere in Glaubersalz über, welches mit dem noch unzersetzten Aeq. schwefelsaurer Magnesia sich zu einem Doppelsalz vereinigt. Die zur Trockene gebrachte Masse soll nun in der Glühhitze mit Wasserdampf behandelt werden, wodurch sich das Chlormagnesium unter Entbindung von Salzsäure und Rücklassung von Magnesia zersetzt. Man zieht dann durch Kochen mit Wasser das Doppelsalz aus und dampft die Lauge ein, wobei sich wasserfreies Glaubersalz niederschlägt. Bei der Ausführung im Großen hat sich dieses Verfahren, wie es scheint wegen des dem Kieserit stets beigemengten großen Ueberschusses an Kochsalz, durchaus nicht bewährt.

3) Die früher in Salmiakfabriken übliche Methode der Behandlung von natürlichem fein pulverisirtem Gyps mit dem durch trockene Destillation thierischer Substanzen gewonnenen kohlensauren Ammoniak, und Zersetzung des so erhaltenen schwefelsauren Ammoniaks

mit Kochsalz auf trocknem oder nassem Wege, würde sich ohne Zweifel auch mit dem Gaswasser der Gaswerke ausführen lassen, welches ja ohnehin auf Salmiak verarbeitet wird. Vielleicht ist es die Beschränkung, der Fabrikation durch die Menge des zu erlangenden Gaswassers im Verein mit den Kosten des feinen Gypspulvers, welches diesem Verfahren im Wege steht.

4) In Fahlun wird etwas Glaubersalz gewonnen, indem man die Grubenwasser und die Mutterlauge der Eisenvitriolfabrikation, welche verschiedene schwefelsaure Metallsalze, besonders Eisensalze enthält, mit Kochsalz mischt, zur Trockne eindampft und glüht, worauf durch Auslaugen der geglühten Masse, Krystallisation und Verjagen des Krystallwassers wasserfreies Sulfat erfolgt.

5) Ein von Longmaid auf einen schon älteren Vorschlag von Berzelius sich gründendes Verfahren beruht darauf, daß, wenn man Schwefelkiese, am besten kupfer-, blei- und silberhaltige, mit Kochsalz mischt und in Oefen erhitzt, durch genau regulirten Luftzutritt in den verschiedenen Stadien des Prozesses, sich zuerst basisch schwefelsaures Eisenoxyd bilde, welches bei erhöhter Temperatur mit dem Kochsalz in Wechselwirkung trete und schwefelsaures Natron unter Entbindung von Chlorgas erzeuge. Das Chlor soll zur Chlorkalkfabrikation verwendet, der Rückstand durch Auslaugen auf Glaubersalz und der Rest wie gerösteter Kies auf Blei, Kupfer und Silber verarbeitet werden. Gesetzt aber auch, was sehr zu bezweifeln, daß sich das sämmtliche Eisen in schwefelsaures Salz verwandele, so würde doch jedenfalls die Hälfte des im Schwefelkies vorhandenen Schwefels als schweflige Säure sich verflüchtigen und verloren gehen. Es wird sich ohne Zweifel besser der Kies nach der im Artikel „Schwefelsäure" der Supplemente besprochenen Methoden zur Fabrikation von Schwefelsäure, und diese wieder zur Fabrikation von Glaubersalz verarbeiten lassen, wobei man den gesammten Schwefelgehalt zu Gute bringt und ein reines Sulfat erhält.

Andere Vorschläge zur Sulfatgewinnung, so die durch Kochsalz und Kupfervitriol zum Behuf gleichzeitiger Gewinnung von Chlor; die durch Kochsalz und schwefelsaures Bleioxyd, können wir als völlig irrelevant übergehen. Ließe sich durch direkte Wechselwirkung zwischen Kochsalz und Gyps ein Austausch ihrer Bestandtheile herbeiführen, so wäre damit die wohlfeilste Sulfatbereitung gegeben; aber alle

dahin zielenden Versuche, so das Verfahren von Niclès, welcher ein Gemeng von Anhydrit, Kochsalz und Braunstein glüht, wobei der aus dem letzteren entweichende Sauerstoff sich unter Chlorentwicklung mit dem Natrium zu Natron verbinden und dieses den schwefelsauren Kalk zersetzen soll, haben befriedigende Resultate nie gegeben. Weit besser, obwohl für die Ausübung im Großen immer noch zu kostbar, ist die Erfindung von Anthon in Prag, die sich auf die gegenseitige Zersetzung von Gyps und kohlensaurer Magnesia gründet. Er bringt 1 Aeq. Gyps, 1 Aeq. gebrannte Magnesia und 1 Aeq. Kochsalz zusammen, setzt die 6- bis 8fache Menge Wassers (vom Gewicht des Kochsalzes) hinzu und leitet nun unter stetem Umrühren so lange Kohlensäure hinzu, als die Magnesia ihrer zur Sättigung bedarf. Aber diese Kohlensäure geht sofort an den Kalk des Gypses über, während die Schwefelsäure mit Magnesia zusammentritt. Die Lösung wird dann vom kohlensauren Kalk getrennt und zur Krystallisation abgedampft, wo dann das durch Zersetzung der schwefelsauren Magnesia und des Kochsalzes gebildete schwefelsaure Natron krystallisirt, während Chlormagnesium in der Mutterlauge verbleibt. Um nun das letztere wieder nutzbar zu machen, soll es glühend mit Wasserdampf behandelt werden, wobei unter Entwicklung von Salzsäure Magnesia entsteht, die zu einer neuen Operation bereit ist. Man könnte die Salzsäure in einem Kokesthurm (wenn auch zu sehr verdünnter Säure) verdichten und mit ihr den vorhin gewonnenen kohlensauren Kalk zersetzen um die nöthige Kohlensäure in reinem unvermischtem, daher sehr wirksamem Zustande zu gewinnen. Der praktischen Anwendung dieses höchst sinnreich ausgedachten Verfahrens scheinen einestheils die Kosten des höchst feinen Mahlens des Gypses, dann die keineswegs leicht und schnell erfolgende Zersetzung des Chlormagnesiums durch Wasserdampf und die dazu erforderlichen Feuerungskosten, endlich auch das Entwässern der Glaubersalzkrystalle im Wege zu stehen.

II. Darstellung der Soda aus dem Sulfat.

Ueber den chemischen Prozeß beim Sodaschmelzen, dessen früher gängige Erklärung im Hauptwerke, Bd. X, S. 370 gegeben wurde, sind in den letzten Jahren viele, zum Theil sehr ausgedehnte Untersuchungen ausgeführt, nach deren Ergebnissen die ältere Ansicht

einer Modifikation bedarf. Es handelte sich dabei hauptsächlich um die Frage, ob sich in der That, wie früher angenommen, eine Verbindung von Schwefelkalzium mit Kalk, ein Oxysulfuret, erzeuge oder ob sich der überschüssig zugesetzte Kalk nur mechanisch beigemengt in der rohen Soda befinde. Diese, zuerst von Dumas aufgestellte, nach ihm sehr allgemein adoptirte und noch bis zu Anfang des gegenwärtigen Dezenniums gängige Annahme eines Kalziumoxysulfurets in der Rohsoda ist nun neuerdings 1862 fast gleichzeitig von Scheurer-Kestner und Gossage bestritten. Der erstere zeigte, daß auch das Einfachschwefelkalzium im Wasser schwer löslich ist (1 zu 12,5) und daß es mit einer Lösung von kohlensaurem Natron in Berührung sich zwar langsam zersetzt, daß aber dabei nicht mehr Schwefelnatrium in Lösung geht, als beim Auslaugen von Rohsoda, weshalb die Annahme eines Oxysulfurets zur Erklärung der geringen Zersetzung des kohlensauren Natrons durch das Schwefelkalzium als unnöthig erscheint. Gossage stellte die Behauptung auf, daß das in den Laugen in Menge sich findende reine Natron in der Rohsoda nicht existire, sondern erst beim Auslaugen durch Wechselwirkung zwischen Kalk und kohlensaurem Natron entstehe. Zu demselben Resultat kam auch Scheurer-Kestner.

Schon früher war durch eine schöne Arbeit von Unger über den Sodaprozeß gezeigt, daß sich bei der Reduktion von schwefelsaurem Natron durch Kohle nur Kohlensäure, kein Kohlenoxyd, erzeuge, weil das letztere erst bei einer höheren Temperatur entstehe als jener unter welcher die Reduktion des Sulfates vor sich geht. Diese, von Scheurer-Kestner bestätigte Beobachtung lehrt, daß das bei dem Sodaprozeß auftretende Kohlenoxyd nicht von der Reduktion des Sulfats durch die Kohle herrühren kann. Es kann daher seine Entstehung nur der Einwirkung der Kohle auf den überschüssig zugesetzten kohlensauren Kalk verdanken, dessen Kohlensäure reduzirt wird. Aber diese Einwirkung findet erst bei höherer Temperatur statt, nachdem die ersten Stadien des Prozesses, nämlich die Reduktion des Sulfats und die gegenseitige Zersetzung zwischen Schwefelnatrium und kohlensaurem Kalk bereits beendigt sind, woraus sich wieder die längst bekannte Thatsache erklärt, daß die Entwicklung von Kohlenoxyd, die sich durch blaue Flämmchen auf der schmelzenden Masse kundgibt, erst gegen den Schluß der Schmelzung beginnt

und selbst, nachdem die Schmelze bereits aus dem Ofen entfernt wurde, noch eine Zeit lang fortdauert.

Daß die Rohsoda nur kohlensaures, kein ätzendes Natron enthalten könne, ist auch durch Pelouze bestätigt. Man hatte gegen Gossage, der mittelst Alkohol der Rohsoda kein Aetznatron entziehen konnte, den Einwurf erhoben, daß sich das Natron im wasserfreien und als solches im Alkohol unlöslichen Zustande in der Rohsoda vorfinden könne, aber von Pelouze ist nun gezeigt, daß Rohsoda, mit wenigem Wasser befeuchtet, wodurch nothwendig etwa vorhandenes Natron in Natronhydrat übergehen müßte, selbst nach längerer Einwirkung von Alkohol an denselben kein Natron abgibt.

Nachdem durch diesen, für die Theorie des Sodaprozesses wichtigen, ja entscheidenden Versuch die Abwesenheit von reinem Natron in der Rohsoda dargethan ist, folgt aus dem Vorkommen desselben in Menge in der Lauge unwiderleglich, daß sich das ätzende Natron erst während des Auslaugens, und zwar durch Einwirkung von freiem Kalk auf kohlensaures Natron bilden könne, daß sich folglich der Kalk, um diese Wirkung machen zu können, im freien, und nicht als Oxysulfuret gebundenen Zustande in der Rohsoda vorfinden müsse.

Die neuesten und zwar sehr umfangreichen, auf viele im Großen angestellte Versuche sich stützenden Untersuchungen über den Sodaprozeß sind von J. Kolb (Direktor der chemischen Fabrik von Kuhlmann u. Komp. in Amiens) ausgeführt, welche übrigens mehr eine Bestätigung der so eben angeführten Ansichten, und ausführliche Beobachtungen über Vorgänge beim Sodaschmelzen und Auslaugen, als wesentlich Neues gebracht haben. Es wurde von ihm der Versuch gemacht, mit Vermeidung jedes Ueberschusses von Kalk auf 1 Aeq. Sulfat nur 1 Aeq. kohlensauren Kalks, also auf 100 Sulfat nur 70,4 kohlensauren Kalk anzuwenden, um eine Rohsoda zu haben, die jedenfalls kein Oxysulfuret enthalten konnte. Es wurde so eine ziemlich gute Soda erhalten, die beim Auslaugen 59,51 Proz. kohlensaures Natron und nur 2,16 Proz. Schwefelnatrium lieferte. Als derselbe Versuch, jedoch mit Erhöhung des Kalkzusatzes auf 103 Gewichtstheile, wiederholt wurde, verringerte sich die Menge des Schwefel-

natriums auf 0,15 Proz. Die offenbar günstige Wirkung des Kalküberschusses ist nicht zu verkennen, erklärt sich aber genügend aus dem Umstande, daß der Kalk als fester unschmelzbarer Körper nach dem alten Sprichwort „corpora non agunt nisi fluida" in der nur breiartig erweichten, keineswegs vollkommen flüssigen Sodaschmelze nur unvollkommen zur Wirkung gelangt. Jene 2,16 Proz. Schwefelnatrium rühren gewiß nicht von einer beim Auslaugen wegen des mangelnden Oxysulfurets vor sich gehenden Rückbildung, sondern einfach daher, daß es dem ursprünglich gebildeten Schwefelnatrium an der zu seiner Zersetzung nöthigen vollen Menge kohlensauren Kalkes fehlte.

Die Kohlensäure der Soda anlangend, so befindet sich Kolb mit seinen Vorgängern im Widerspruch. Nach seiner Annahme wird dieselbe nicht von dem kohlensauren Kalk geliefert, da dieser unter Entwicklung von Kohlenoxyd zersetzt werde, sondern theils von der Reduktion des Glaubersalzes durch die Kohle, wobei Kohlensäure entsteht, theils aber und vorzüglich von den im Ofen befindlichen Feuergasen. Er will in der That gefunden haben, daß die Zersetzung des kohlensauren Kalkes durch Kohle sehr leicht und bei derselben wenig intensiven Rothglühhitze vor sich gehe, bei welcher auch die Reduktion des Glaubersalzes erfolgt. Ein seiner Ansicht günstiges Resultat ergab ein Versuch, bei welchem statt der Kreide gebrannter Kalk in Anwendung kam, und dennoch eine fast gleich gute Soda erfolgte. Als ein Beweis von der Nothwendigkeit der Feuergase wird von Kolb die Thatsache angeführt, daß die Darstellung der Soda im Kleinen in geschlossenen Tiegeln, wo der Hinzutritt von Feuergasen wegfällt, durchaus nicht gelinge, ferner, daß auch im Flammofen aus derselben Mischung bei recht starkem Rühren eine viel bessere, weniger Schwefelnatrium haltende Soda erfolge, als bei schwachem seltenen Rühren. (Dieser letztere Unterschied kann aber auch seinen Grund darin finden, daß das stärkere Rühren die Theilchen des kohlensauren Kalkes besser zur Wirkung brachte.)

Ohne hier auf eine Kritik der Kolb'schen Theorie uns tiefer einzulassen, können wir uns doch nicht enthalten, hinsichtlich der Kohlensäure unser Bedenken auszusprechen. Bei dem von Kolb als Beleg für seine Ansicht angeführten Versuch im Tiegel gab die

Schmelze auf 35,7 unzersetztes Glaubersalz und 23,4 Schwefelnatrium nur 3,25 kohlensaures und 7,58 ätzendes Natron. Offenbar liefert die Gegenwart von so viel unzersetztem Glaubersalz den Beweis, daß der Versuch, sei es durch mangelnde Kohle, sei es durch zu kurze Dauer oder mangelnde Hitze jedenfalls fehlerhaft ausgeführt wurde. Es ist ferner schwer zu glauben, daß die glühende Schmelze aus den Feuergasen des Flammofens erhebliche Mengen von Kohlensäure absorbire, denn einestheils befindet sich die ohnehin mit dem Stickstoff der Luft, sowie auch mit unzersetzter Luft verdünnte Kohlensäure durch die Glühhitze in noch weit stärkerer Ausdehnung, andererseits ist ihre Verwandtschaft zum Natron bei Glühhitze eine noch weit geringere als in der Kälte. Aber selbst in der Kälte findet die Absorption von Kohlensäure durch die viel Aetznatron enthaltende Sodalauge, wie später gezeigt werden wird, äußerst langsam statt; auch bemerkt man nicht, daß die Laugen beim oberschlägigen Abdampfen, wo sie mit den darüber hinstreichenden Feuergasen in steter Berührung sind, bemerklich an Kaustizität verlieren.

Der Chemismus der Sodafabrikation hat sich nach alle dem durch die neueren Untersuchungen dahin geklärt, daß das früher angenommene Kalziumoxysulfuret als unhaltbar aufgegeben ist, und der Ueberschuß an Kalk nur als Ersatz für die nicht zur Wirkung kommenden gröberen Theile angesehen wird. Dagegen theilen sich die Ansichten noch über die Quelle der Kohlensäure in der Soda. Nach Einigen rührt sie her von dem mit dem Schwefelnatrium sich geradeauf zersetzenden kohlensauren Kalk, nach Anderen theils von der bei der Reduktion des Glaubersalzes sich oxydirenden Kohle, theils von den Feuergasen. Da sich diese Quellen nicht gegenseitig ausschließen, können sie recht wohl zusammenwirken.

Um den Einfluß zu langer und zu starker Erhitzung der Sodamischung näher festzustellen ließ Kolb eine Mischung von 100 Sulfat, 100 Kreide und 55 Kohle während einer Stunde einer allmählich von 900° auf 1170° steigenden Hitze aussetzen und untersuchte in Intervallen von 10 Minuten herausgenommene Proben. Es ergaben sich die folgenden Bestandtheile der daraus gewonnenen Lauge:

	1	2	3 Silber schmolz.	4	5	6 Kupfer wurde weich.
NaO, CO_2	10,0	14,2	25,8	14,0	7,0	0,2
NaO	0,5	0,7	1,9	7,0	7,0	8,3
NaS	0,3	0,6	0,9	6,9	11,8	15,8
NaS_2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
NaO, S_2O_2	0,0	0,0	0,4	0,6	0,9	1,6
NaO, SO_3	26,6	23,2	10,3	3,5	3,2	1,6

Es zeigt sich hieraus, was auch durch andere Versuche bestätigt ist, daß eine dem Schmelzpunkt des Silbers nahe liegende Temperatur die besten Resultate gibt, und daß bei höher steigendem Hitzgrad die Menge des kohlensauren Natrons unter gleichzeitiger Regeneration von Schwefelnatrium, sich rasch vermindert. Der Gehalt an schwefelsaurem Natron in Nr. 3 rührt offenbar von zu kurzer Dauer der Operation her, da sie erst zur Hälfte beendigt war. Man ersieht aus diesem Versuch, in welchem Grade das Gelingen des Sodaschmelzens in der Hand des Arbeiters liegt. Die Arbeit im Großen macht es zur Unmöglichkeit, alle Theile der Masse einer und derselben Hitze zu exponiren und zu verhindern, daß einzelne Theile schon der Ueberhitzung preisgegeben werden, während andere noch nicht zur Reife kommen konnten, und so wird man sich nach wie vor zufrieden geben müssen, wenn auch die geübtesten und aufmerksamsten Sodaschmelzer fast nie eine rohe Soda zu Stande bringen, welche bei vollständiger Zersetzung des Glaubersalzes nicht kleine Mengen von Schwefelnatrium enthält.

Der im Hauptwerke gegebenen Beschreibung des Sodaschmelzofens haben wir hinzuzufügen, daß man gegenwärtig in den meisten englischen, und auch in vielen Fabriken des Kontinents Oefen mit zwei Abtheilungen oder Etagen findet, deren hintere, vom Roste entferntere, zum Vorwärmen der Mischung dient, während in der anderen, der Feuerung zunächst befindlichen, die Beendigung des Prozesses, also die eigentliche Schmelzung vorgenommen wird. Diese Oefen sind kleiner als die einfachen und arbeiten schneller, so daß die ganze Schmelzung in einer Stunde beendigt wird, von welcher

Zeit die Hälfte zum Vorwärmen, die andere Hälfte zum Fertigschmelzen verwendet wird.

Der von Elliott und Russell erfundene und von Stevenson und Williamson verbesserte Sodaofen mit Drehherd scheint sich in der That zu bewähren und hat in einigen englischen Fabriken, so in den Jarrow chemical Works bereits Eingang gefunden. Den Hauptteil desselben bildet ein großer, horizontal liegender, drehbarer, inwendig mit feuerfesten Steinen ausgefütterter Zylinder. Derselbe enthält an der Außenseite zwei angegossene Rippen, mit welchen er auf zwei Paar Rädern ruht, durch deren Drehung er ebenfalls in Drehung gesetzt werden kann. Der während der Drehung jedesmal zu unterst befindliche Theil des zwischen der Feuerung und dem Fuchs liegenden Zylinders bildet somit den Herd des Ofens. Die Länge des Zylinders beträgt 11 Fuß, der Durchmesser 7½ Fuß. Nachdem der Zylinder durch die hindurchstreichende Flamme bis zum Rothglühen erhitzt worden, bringt man 14 Ztr. Mischung hinein, läßt, ohne zu drehen, die Hitze 10 Minuten lang darauf einwirken, gibt nun eine halbe Umdrehung, läßt ihn wieder 5 Minuten ruhen, gibt dann wieder eine halbe Umdrehung und fährt so fort, bis nach Verlauf von etwa 1 Stunde die Masse in Fluß geräth. Ist dieser Punkt erreicht, so läßt man den Zylinder ununterbrochen langsam umgehen, so daß er in 3 Minuten einen Umgang vollbringt. Ein Umrühren der Masse, also die sonst so schwierige und angreifende Arbeit des Sodaschmelzers, fällt vollständig weg; derselbe hat nur durch eine von Zeit zu Zeit zu öffnende Thür den Fortgang der Schmelzung zu beobachten, und im richtigen Augenblick den Inhalt in untergefahrene eiserne Karren abfließen zu lassen. Es liegen übrigens noch zu wenige bekannt gewordene Erfahrungen über diesen Drehofen vor, als daß sich über seine Vorzüge, den gewöhnlichen Oefen gegenüber, ein festes Urtheil fällen ließe. Da der gute Erfolg des Sodaschmelzens wesentlich auf der Einhaltung des geeigneten Hitzgrades und auf der Unterbrechung des Schmelzens im richtigen Augenblick beruht, ein geübter Schmelzer also nicht zu entbehren ist, so scheint der Vortheil nur in dem Wegfall der mühsamen Handarbeit zu liegen. Vielleicht auch könnte ein Schmelzer zwei Oefen beaufsichtigen.

Als Beispiel der Zusammensetzung einer mit Sorgfalt bereiteten,

im frischen Zustande bei Abschluß der Luft erkalteten rohen Soda wählen wir die folgende von Kopp ausgeführte Bestimmung:

Kohlensaures Natron	44,79
Schwefelsaures Natron	0,92
Chlornatrium	1,85
Kieselsaures Natron	1,52
Thonerde-Natron	1,44
Schwefelkalzium	29,96
Kalk	9,68
Kohlensaurer Kalk	5,92
Eisenoxyd	1,21
Kohle	1,20
Spuren von NaS, NaS_2, $NaCy$ und Verlust	1,51
	100,00

Rohe Soda, längere Zeit der Einwirkung völlig trockener Luft ausgesetzt, erleidet nicht die geringste Veränderung, wogegen sie mit feuchter, Kohlensäure haltender Luft in Berührung allmählich unter Aufnahme von Wasser und Kohlensäure sich aufbläht und zerfällt. Die hierbei durch den Geruch sich kundgebende Entwicklung von Ammoniak rührt von dem an der Oberfläche der Klumpen sich befindenden Cyannatrium her, welches sich oxydirt und durch die Feuchtigkeit der Luft zersetzt. Dieses Cyannatrium verdankt seinen Ursprung offenbar dem Stickstoffgehalt der in der Mischung angewandten Steinkohle. Bei Glühhitze mit Luft in Berührung verändert sich die Rohsoda bald, indem sich das Schwefelkalzium zu schwefelsaurem Kalk oxydirt. Hieraus folgt, daß man die Abkühlung der Soda, nachdem sie aus dem Ofen gezogen ist, möglichst beschleunigen und bei Abschluß der Luft in verschlossenen Wagen vor sich gehen lassen sollte. Bei den von Kopp hierüber angestellten Beobachtungen zeigte sich, daß beim Aussetzen der Rohsoda an die feuchte Luft zunächst der Kalk in Hydrat übergeht und, indem er dabei an Volumen zunimmt, Risse in dem Sodaklumpen hervorbringt, welcher dann in mehrere Stücke zerfällt. Das Kalkhydrat geht langsam in kohlensauren Kalk über, woraus eine Verringerung der Lauge an Aetznatron entspringt. Zugleich oxydirt sich das vorhandene, durch rothe Flecke sich verrathende Schwefelnatrium und geht in unterschwefligsaures Natron über. Dieser anscheinend günstige Erfolg des Aus-

setzens an die Luft wird aber durch die gleichzeitige Oxydation des Schwefelkalziums zu schwefelsaurem Kalk durch Vermittlung von Eisenoxyd reichlich aufgewogen. Die Rohsoda kann nach Kopp bis zu 3 Proz. Eisenoxyd (nicht Schwefeleisen, da sich dieses bei Glühhitze mit Kalk zu Eisenoxyd und Schwefelkalzium zersetzen würde) enthalten. Bei Einwirkung von Feuchtigkeit auf die Rohsoda soll das Eisenoxyd in Hydrat übergehen, welches sich nun mit Schwefelkalzium zu Schwefeleisen und Kalk zersetzt. Bei fernerer Einwirkung der Luft geht das Schwefeleisen in schwefelsaures Eisenoxydul und dieses weiter in basisch schwefelsaures Eisenoxyd über, welches sich sofort mit Kalk zu Eisenoxyd und schwefelsaurem Kalk zersetzt. Dieser letztere bildet mit kohlensaurem Natron kohlensauren Kalk und Glaubersalz. Das Eisenoxyd aber beginnt die beschriebene Wirkung von neuem, so daß eine kleine Menge desselben im Stande ist, unter Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit eine große Menge kohlensaures Natron zu zerstören. Die angemessene Zeit, während welcher man die Rohsoda der Luft aussetzen soll, um sie hinreichend aufzulockern, ohne sie in Gefahr des Verderbens zu bringen, ist 3 bis 6 Tage, erstere bei warmer feuchter, letztere bei kalter trockener Luft.

Das Auslaugen der Rohsoda.

In der Absicht, eine möglichst gesättigte Lauge zu erhalten und doch auch alle löslichen Theile möglichst vollständig auszuziehen, hat man von jeher das Prinzip des kontinuirlichen Auslaugens in Anwendung gebracht, früher jedoch Vorrichtungen benutzt, welche zwar dem damals beschränkten Betriebe genügen mochten, gegenwärtig aber für den kolossalen Umfang der Sodafabrikation zu mühsam und weitläufig erfunden, einem einfacheren und doch ebenso wirksamen Verfahren weichen mußten.

Man bediente sich terrassenförmig aufgestellter Bottige, welche man mit der pulverisirten Soda füllte, die man durch aufgegossenes warmes Wasser auslaugte, worauf die aus dem obersten Bottig abfließende Lauge auf den zweiten, von diesem auf den dritten, u. s. f. gelangte, um endlich aus dem untersten als gesättigte Lauge abzufließen. Hierbei war es nothwendig, den Inhalt der Bottige stets zu wechseln, und zwar nach Entleerung des obersten am meisten

erschöpften, den Inhalt des zweiten in den obersten, dann den Inhalt des dritten in den zweiten, u. s. f. überzufüllen, um den letzten untersten mit frischer Soda zu besetzen. Aber nicht nur verursachte dieses häufige Ueberschaufeln vielen Zeitaufwand und große Arbeitskosten, sondern die Masse erlangte durch das häufige Umarbeiten eine so dichte zähe Konsistenz, daß sie dem Wasser nur langsam den Durchgang gestattete.

Besser schon bewährte sich die von Clement Desormes erfundene, in vielen französischen und deutschen Fabriken zur Ausführung gekommene Laugerei. Bei dieser sogenannten französischen Laugerei ist eine Anzahl, gewöhnlich 12, großer viereckiger eiserner Kasten treppenförmig aufgestellt, wie in Fig. 6, Taf. 121, um das Ueberfließen der Lauge aus dem einen in den andern zu ermöglichen, und in dieselben werden siebartig durchlöcherte Blechkasten, mit der gröblich pulverisirten Soda gefüllt, eingehängt. Ein jeder der großen Kasten a a, a a, wird durch eine Doppelwand b b in zwei Abtheilungen getheilt, und zwar ist die Einrichtung so getroffen, daß die Lauge in jede Abtheilung von oben ein-, von unten aber abfließt, damit stets die konzentrirteren, schwereren, nach unten sinkenden Schichten zur Weiterbeförderung gelangen. Durch das von einem vorhergehenden Behälter ausgehende Ausflußrohr 1 gelangt die Lauge in die erste Abtheilung, fließt, nachdem sie sich hier verstärkt hat, durch mehrere in einer horizontalen Reihe liegende Löcher 2 in den Raum der Doppelwand, um durch die anderen Löcher 3 in die zweite Abtheilung zu gelangen. Die Ausflußröhre 4 leitet sodann die Lauge in den nächsten Behälter, in welchem sie einen ähnlichen Weg durch 5, 6 und 7 beschreibt. Um in allen Behältern eine gleichmäßige Wärme von etwa 35° zu unterhalten, gehen die mit Hähnen versehenen Dampfröhren c c in dem Raum der Doppelwand bis nahe auf den Boden herab. Sämmtliche Dampfröhren gehen von einer neben dem Apparate fortgeleiteten Hauptdampfröhre aus. Da die Lauge durch das Einleiten von Wasserdampf etwas verdünnt werden muß, was gerade dem Zweck, möglichst konzentrirte Laugen zu gewinnen, widerspricht, wird es sich empfehlen, statt der offenen Röhren c c schlangenförmig sich mehrere Male hin und her windende, aus dem Apparat aber wieder austretende Dampfröhren anzubringen. Die zur Aufnahme der Soda dienenden Blech-

kästen d d d, deren Seitenwände und Böden mit Löchern von etwa 1 Linie Durchmesser durchbrochen sind, besitzen an den schmalen Seitenwänden die Griffe e e, durch welche eine Eisenstange gesteckt ist, deren zu beiden Seiten überstehende Enden auf die Ränder der großen Behälter aufgelegt werden.

Bei der Arbeit, die ununterbrochen wenigstens 8 Tage lang fortgehen kann, bringt man die frische Soda in die vier Siebe des letzten, also untersten Behälters, in welchem die Lauge, nachdem sie den Weg durch alle übrigen Behälter zurückgelegt hat, sehr konzentrirt anlangt, durch Berührung mit der frischen Soda sich aber noch weiter verstärkt. Nach Verlauf von 4 Stunden werden sämmtliche Siebe umgehängt. Die des ersten (oberen) Behälters, deren Inhalt durch die vielen successiven Auslaugungen erschöpft ist, werden ausgeleert, um mit frischer Soda gefüllt in den untersten Behälter wieder eingehängt zu werden; die Siebe des zweiten Behälters kommen in den ersten, die des dritten in den zweiten, des vierten in den dritten u. s. f. Nach abermaligen 4 Stunden wechselt man wieder, so daß jedes Sieb mit der darin befindlichen Soda nach und nach den Weg durch alle 12 Behälter zurücklegt, und successiv mit immer schwächerer Lauge, endlich mit reinem Wasser in Berührung kommt.

Der Rückstand von der Auslaugung bleibt in den Sieben zurück, ein Theil aber auch spült sich durch die Oeffnungen hindurch und sammelt sich am Boden der Behälter, daher es denn nöthig ist, von Zeit zu Zeit, etwa alle acht Tage, sie zu reinigen.

Die hier beschriebene Laugerei leidet nur an dem Mangel, daß sie in der Anlage kostspielig und zum Auslaugen großer Massen nicht ergiebig genug ist. Gesetzt, ein jedes Sieb nehme 100 Pfd. Soda auf, so würden in 24 Stunden 4 × 6 × 100, also 2400 Pfd. roher Soda zur Verarbeitung kommen.

Unstreitig die beste, weil einfachste und in jedem beliebigen Maßstabe leicht zu betreibende Laugerei ist die englische, bei welcher sich die sämmtlichen Behälter in einer und derselben Horizontalebene neben einander befinden, und ein Ueberfüllen oder Wechseln des Inhalts wegfällt. Der Apparat besteht aus großen viereckigen, aus Eisenplatten zusammengesetzten Kasten von solcher Größe, daß ein jeder das täglich fabrizirte Quantum Rohsoda aufzunehmen im

Stande ist. Sie besitzen nahe über dem unteren Boden einen durchlöcherten Siebboden, welchen man noch mit einer Schicht mäßig festgestampfter Kokes bedeckt. Aus jedem Kasten geht ein Rohr unterhalb des Doppelbodens aus, tritt in den nebenstehenden zweiten Kasten und erhebt sich in demselben etwa bis zu zwei Drittel der Höhe. Je größer die Anzahl der Behälter, desto vollständiger die Erschöpfung der Soda, doch ist die Zahl von 6 oder 8 sehr gebräuchlich.

Die Anordnung einer solchen Laugerei ist in Fig. 7, Taf. 121, dargestellt, jedoch nur mit vier Behältern A D C B. Jeder enthält einen Siebboden, und von ihm aufsteigend ein Rohr a welches in den nächsten Behälter einmündet und durch Einbringen eines eisernen Kolbens b geschlossen werden kann. Um aber den unteren Raum von A mit dem Behälter B in Kommunikation zu setzen, dient das Rohr c. Außerdem enthalten die Behälter unter dem Siebboden noch die, durch Abflußhähne verschließbaren Oeffnungen d e f g. Durch das mit Hähnen versehene Rohr E kann warmes Wasser nach Belieben in jeden der Behälter gelassen werden. Um den Betrieb zu erläutern nehmen wir an, der Behälter C sei mit frischer Soda, welche in ganzen Stücken bis zu 50 Pfd. Gewicht eingeworfen wird, gefüllt; der Inhalt von D sei fast erschöpft und erhalte das letzte Wasser. Indem nun D durch zugelassenes Wasser sich mehr und mehr füllt, tritt die abfließende sehr schwache Lauge in A über, während die Lauge von A nach B, und von B nach C, also zu der frischen Füllung fließt, und diesen Behälter ziemlich füllt, obwohl sich ein ganz gleiches Niveau in den Behältern schon aus dem Grunde nicht herstellen kann, weil ja die Lauge in der Reihenfolge der Behälter D A B C an Konzentration, also an spezifischem Gewichte, zunimmt. Hat sich C mit der aus B zufließenden schon ziemlich starken Lauge gefüllt, so sperrt man den Wasserzufluß ab und läßt den Apparat mehrere Stunden in Ruhe, während welcher Zeit sich die Lauge in C vollständig sättigt. Hierauf wird der Hahn f geöffnet und die gesättigte Lauge aus C abgelassen, der Hahn dann wieder geschlossen und nun die ganze in D befindliche Lauge mittelst einer in das Rohr a dieses Behälters gestellten Handpumpe nach A übergepumpt, wodurch dann die Zirkulation der Lauge wieder in Gang gebracht wird, und zwar die Lauge von D

nach A, von A nach B und die von B nach C gelangt. Der nun hinreichend erschöpfte Inhalt von D wird ausgeschaufelt und D sogleich wieder mit frischer Soda gefüllt. Nachdem dieß geschehen, läßt man warmes Wasser auf den Behälter A auffließen, wobei dasselbe Spiel, nur in der Reihenfolge A B C D, wieder beginnt. Man ersieht hieraus, daß jede Portion der Soda so viele Male mit successiv schwächer werdender Lauge, endlich mit reinem Wasser ausgelaugt wird, als die Anzahl der Behälter beträgt, daß man aber auch im Stande ist, eine vollständigere Erschöpfung zu erzielen, wenn man während des Abflusses der konzentrirten Lauge aus C noch fortwährend Wasser auf D fließen läßt, woburch man die Zirkulation so lange fortsetzen kann als man will. Es kommt dieser Fall bei harter schwer auszulaugender Soda vor, wobei natürlich in Folge des längeren Auslaugens weniger starke Laugen von 23 bis 24° B erfolgen, wogegen dieselben bei einer gutartigen, leicht zerfallenden und auszulaugenden Soda gewöhnlich 28° B zeigen. Um das Abkühlen der Lauge während der Zirkulation zu verhindern, und sie stets auf 35° zu halten, hat man wohl schlangenförmige Dampfröhren in die Sammelräume unterhalb der Siebböden eingelegt. Durch das hinter dem Apparat liegende Rohr F F, in welches die Abzüge d e f g einmünden, läßt man die Lauge in das zum Absetzen und Klären bestimmte Reservoir.

Die gewöhnlich erzielte Stärke der Lauge ist 26° B (1,221 sp. Gew.) wo sie dann 25 Proz. löslicher Bestandtheile enthält.

Ueber den Einfluß der Temperatur und der Zeitdauer auf den Grad der Kaustizität und den Schwefelgehalt der Laugen sind von Kolb vergleichende Versuche angestellt, nach welchen 100 Gramm Rohsoda mit der fünffachen Menge Wasser 6 Stunden lang bei 15° digerirt in der Lauge nur 0,20 Grm. Schwefelnatrium und 3,31 Aetznatron; dagegen eine Woche lang bei 40° digerirt in der Lauge 0,4 Schwefelnatrium und 5,67 Aetznatrion; endlich eine Woche lang bei 60° digerirt in der Lauge 10,21 Schwefelnatrium und 6,31 Aetznatron ergaben. Die Menge des kohlensauren Natrons, welche anfänglich 38,51 Grm. betrug, war bei dem letzten Versuch auf 19,5, also fast gerade die Hälfte herunter gegangen. Man sieht hieraus, daß eine Temperatur unter 40° nicht bedeutend

nachtheilige Wirkung macht, was mit der gewöhnlich üblichen Temperatur von 35° gut übereinstimmt.

Als Beispiel der Zusammensetzung einer Sodarohlauge führen wir eine Analyse von Mohr an. Er fand in einer Lauge der Sodafabrik von Mathes und Weber in Duisburg, abgesehen vom Wassergehalt:

Kohlensaures Natron	71,250
Natronhydrat	24,500
Chlornatrium	1,850
Schwefligsaures Natron	0,102
Unterschwefligsaures Natron	0,369
Schwefelnatrium	0,235
Cyannatrium	0,087
Thonerde	1,510
Kieselerde	0,168
Schwefeleisen	Spur
	100,071

Da die Laugen gemeiniglich durch aufgeschwemmte Theile etwas getrübt erscheinen, bedürfen sie vor der weiteren Verarbeitung einer Klärung. Man bringt sie zu diesem Zweck in sehr große eiserne Reservoirs, in welchen man sie zum Absetzen der trübenden Theile mehrere Tage stehen läßt. Da die Lauge in einer fast gesättigten Lösung von kohlensaurem Natron besteht, und bei Winterkälte unfehlbar krystallisiren würde, müssen sich diese Reservoirs in einem warmen Raum der Fabrik befinden.

Ein zur Reinigung der Rohlauge von Schwefelverbindungen erfundenes, bereits vielfach in Aufnahme gekommenes, besonders aber für die Darstellung von ätzendem Natron wichtiges Verfahren werden wir später beim Aetznatron anführen.

Das Eindampfen der Lauge.

Die früher allgemein gebräuchliche Abdampfung in von unten geheizten Pfannen leidet an dem Uebelstande, daß das während des Eindampfens sich ausscheidende kohlensaure Natron zu einer steinharten Kruste an dem Boden der Pfanne festbrennt, wodurch diese sehr rasch zu Grunde geht und häufige Reparaturen beansprucht. Man findet deshalb in den meisten englischen, aber auch schon in

vielen Fabriken des Kontinents die Abdampfung mit oberschlägigem Feuer. Zwar leidet auch diese Methode an einem Mangel, nämlich der Verunreinigung der Lauge durch hineinfallende Flugasche, Staub und Ruß der Feuerung; doch läßt sich dem durch vorsichtige Behandlung des Feuers ziemlich entgegenwirken, auch schaden die Kohlentheilchen des Rußes nicht, weil sie später beim Kalziniren der Soda verbrennen.

Zur Ersparung des Brennmaterials findet man häufig den Abdampfungsofen unmittelbar als Verlängerung an den Sodaschmelzofen angebauet, um die aus dem letzteren abziehende Flamme noch zum Abdampfen der Lauge zu benutzen, und in der That lehrt die Erfahrung, daß die Hitze des Sodaofens zum Eindampfen der Lauge gerade ausreicht. Nur ist dabei zu berücksichtigen, daß beim Einbringen der pulverförmigen, ja zum Theil staubförmigen Sodamischung eine Menge Staub in die Lauge fliegen würde, wenn nicht zur Zeit des Einschaufelns die Verbindung des Sodaofens mit der Pfanne durch einen Schieber abgesperrt wäre. Um aber während dieser Zeit den Zug des Ofens nicht ganz zu unterbrechen, findet man wohl die Einrichtung eines besonderen Rauchkanals, der während des Einschaufelns durch einen Schieber geöffnet, sonst aber geschlossen wird.

Bei zunehmender Konzentration der Lauge beginnt das kohlensaure Natron als einfach gewässertes Salz ($NaO.\ CO_2 + HO$) in Gestalt kleiner körniger Krystalle, sogenanntes Sodamehl oder Sodasalz, sich auszuscheiden, dessen Menge mehr und mehr zunimmt, während ätzendes Natron nebst der vorhandenen kleinen Menge Schwefelnatrium und fremder Salze in der Mutterlauge verbleiben. Das Verfahren kann nun ein verschiedenes sein: Entweder man schöpft das Sodamehl in dem Maße, wie es sich bildet, aus der Pfanne, läßt die Mutterlauge darin, fügt frische Lauge hinzu und fährt in dieser Weise so lange fort, bis sich in der Mutterlauge allzuviel Aetznatron und Fremdartiges angesammelt hat, wo man sie dann aus der Pfanne schöpft; oder man treibt die Eindampfung, ohne das Sodamehl auszuschlagen, bis zur breiartigen Konsistenz der Masse; läßt dann den ganzen Inhalt der Pfanne durch eine seitliche Oeffnung in ein unmittelbar neben der Pfanne befindliches vertieftes Reservoir mit durchlöchertem Doppelboden

fließen und bringt die von dem Sodamehl ablaufende Mutterlauge in die Pfanne zurück.

Das so gewonnene Sodamehl erscheint in Gestalt einer, bei oberschlägiger Feuerung durch hineingefallene Kohlentheilchen grau gefärbten, durch anhängende Mutterlauge feuchten, sandig-körnigen Masse, und bedarf nur noch einer Kalzination auf dem Heerde eines Kalzinirofens, um nach dem Mahlen in einem Kollergang und Sieben als feines weißes Pulver in den Handel zu gehen. Enthält die Mutterlauge viel ätzendes Natron, so wird dadurch die Kalzination erschwert, weil es seiner Leichtschmelzbarkeit wegen die Soda leicht veranlaßt, während der Kalzination zu erweichen und zu größeren Klumpen zusammenzusintern, die dann nicht durch und durch sich weißbrennen. Nicht minder ist die Gegenwart von freiem Natron unerwünscht, wenn die kalzinirte Soda zur Fabrikation von krystallisirter Soda Verwendung finden soll. In englischen und auch in einigen Fabriken des Kontinents befolgt man das Verfahren, dem Sodamehl vor dem Eintragen in den Kalzinirofen eine gewisse Menge Sägespäne zuzusetzen, die im Ofen verbrennen und dabei die zur Sättigung des Natrons nöthige Kohlensäure erzeugen. Als sicherer und vollständiger zum Ziele führend empfiehlt sich das Verfahren, die Lauge vor dem Eindampfen mit Kohlensäure zu sättigen, indem man sie auf einen Kokesthurm pumpt und durch denselben Kohlensäure leitet. Es können hierzu die Feuergase irgend einer möglichst rauchfreien Feuerung dienen, die jedoch bei Steinkohlen- oder Kokesfeuerung durch den Gehalt an schwefliger Säure die Soda verderben. Es ist dabei auffallend, wie langsam die Sättigung der Lauge fortschreitet, und nur durch mehrmaliges Passiren des Kokesthurms gelingt sie in befriedigender Art. Seitdem in neuerer Zeit ätzende Natronlauge sich zu einem Handelsartikel erhoben und besonders an Seifenfabriken und Bleichereien Absatz gefunden hat, findet die Sodamutterlauge vortheilhaft Verwendung zur Darstellung dieser Lauge, ja man bemüht sich wohl gar durch Abänderung der Sodamischung eine an ätzendem Natron recht reiche Rohlauge zu erzielen.

Die kalzinirte Soda kam vor Jahren gemeiniglich in der Stärke von 85 Proz. oder 50 Grad englisch im Handel vor. Diese englischen Grade, früher auch auf dem Kontinent ziemlich gebräuchlich,

sind nichts anderes, als der Prozentgehalt an Natron im ätzenden Zustande gerechnet. Da sich das Aequivalent des kohlensauren Natrons zu dem des reinen verhält wie 53 zu 31, so entsprechen 85,5 kohlensaures Natron 50 reinem Natron. — Gegenwärtig verlangt man von einer guten Soda 90 Proz.; doch kommt sie bis zu 96 und selbst 98 Proz. im Handel vor. Eine so starke Soda möchte aber schwerlich direkt aus Rohlauge zu gewinnnen sein. Man erhält sie theils durch Entwässern krystallisirter Soda, theils auch durch Auflösen kalzinirter Soda, Absetzenlassen, Wiedereindampfen bei Unterfeuer, Ausschlagen des sich dabei ausscheidenden sehr reinen Sodamehls und Kalziniren desselben.

Fabrikation der krystallisirten Soda.

Die krystallisirte Soda wird stets aus fertig kalzinirter Soda dargestellt, indem man dieselbe in einem großen Kessel, der mehrere Tausend Pfund aufzunehmen im Stande ist, mit Wasser übergießt, dieses durch eingeleiteten Dampf zum Kochen bringt und so eine heiß gesättigte Lösung von 30° B. herstellt. Man setzt, um die von einer Spur organischer Substanz, mitunter auch wohl von einer kleinen Menge noch vorhandenen Schwefelnatriums herrührende schwach gelbliche Färbung zu zerstören, eine kleine Menge Chlorkalk hinzu, läßt die Lauge erst einige Stunden zum vorläufigen Absetzen der Unreinigkeiten und des aus dem Chlorkalk gefällten kohlensauren Kalkes in Ruhe und zapft sie sodann in große, verhältnißmäßig hohe eiserne Kasten, worin sie zur vollständigen Klärung bis zum andern Tage verbleibt. Dann läßt man die Lauge, deren Temperatur noch weit über dem Krystallisationspunkte ist, durch Rinnen in die Krystallisationsgefäße ab. Als solche dienen meistens große, in einem Stück gegossene, ziemlich dünnwandige gußeiserne Schalen in Gestalt eines Kugelsegments von etwa 10 Fuß Durchmesser und 2—3 Fuß Tiefe. Zur Beförderung der Krystallisation legt man eine Anzahl Eisenstäbe oder auch hölzerne Latten ein und füllt sie bis nahe an den Rand mit der warmen Lauge, deren Oberfläche mit der oberen Seite der Eisenstäbe zusammenfällt. Gewöhnlich erfordert die Krystallisation bis zur völligen Beendigung eine Zeit von 14 Tagen, doch hängt sie so wesentlich von der äußeren Temperatur ab, daß man im Sommer bei warmer Witterung die Krystallisation ganz

einstellen muß, wogegen bei zu starker Winterkälte die Krystallisation zu schnell erfolgt und eine für den Handel nicht wohl geeignete Waare liefert. Ein gut gelegenes, dem Temperaturwechsel möglichst wenig ausgesetztes Lokal ist ein wesentliches Erforderniß für diesen Zweig der Fabrikation.

Nach beendigter Krystallisation durchbricht man die obere Salzkruste, zieht die flüssig gebliebene Mutterlauge mit einem bleiernen Heber ab, arbeitet die an den Wänden der Schale gebildete, wohl 1 Fuß dicke Salzkruste mit Meißel und Hammer los, legt sie zum Ablecken kurze Zeit bei Seite und verpackt sie nebst den von den Eisenstäben abgeschlagenen großen, oft sehr schönen Krystallen in Fässer. Eine jede der großen Krystallisirschalen, deren man in großen Sodafabriken vielleicht hundert und mehr noch in einem großen Raum zu ebener Erde aufgestellt findet, liefert an 20 bis 30 Ztr. Krystalle.

Als Kuriosum kann Referent beifügen, daß ihm eine Sodafabrik bekannt ist, welche krystallisirtes Glaubersalz von einem der krystallisirten Soda täuschend ähnlichen Ansehen fabrizirt. Sie verkauft dasselbe zu einem niedrigen Preise an die Detailisten zu dem Zweck, im Detailhandel die gute Soda der Fabrik damit zu verfälschen.

Verwerthung der unlöslichen Sodarückstände.

Das Leblanc'sche Verfahren der Sodafabrikation entspricht durch Einfachheit, Leichtigkeit und Sicherheit, sowie durch die Eigenschaft, den Betrieb in jeder beliebigen massenhaften Ausdehnung zuzulassen, in solchem Grade den Anforderungen der Industrie, daß man schwerlich nach andern Methoden suchen würde, wenn nicht der Verlust des ganzen verbrauchten Schwefels zu ferneren Bestrebungen aufforderte, einem so großen Verlust an Rohmaterial zu entgehen. Da nun, von unvermeidlichen Verlusten abgesehen, der verbrauchte Schwefel in den Rückständen als Schwefelkalzium sich befindet, so haben schon seit längerer Zeit die Bemühungen der Chemiker sich dem wichtigen Problem zugewandt, den Schwefelgehalt dieser Rückstände wieder zu Gute zu bringen.

Schon in dem Artikel „Schwefelsäure“ der Supplemente ist der Vorschläge gedacht, durch Behandlung der Rückstände mit Salz-

säure oder Kohlensäure den Schwefel als Schwefelwasserstoffgas zu entwickeln, dieses zu verbrennen und die so gebildete schweflige Säure wieder in Schwefelsäure umzuwandeln. Es sind aber auch schon dort die technischen und ökonomischen Hindernisse angeführt, welche dieser offenbar sehr nahe liegenden Idee sich entgegenstellen.

Alle anderen, zu diesem Zweck angewandten Methoden haben nur einen kleinen Theil des Schwefels wieder zu gewinnen vermocht.

In denjenigen Sodafabriken, welche auch Chlorkalk darstellen, läßt sich mittelst der von der Chlorbereitung herrührenden Braunsteinlösung durch ihren Gehalt an freiem Chlor und Eisenchlorid eine gewisse Menge Schwefel aus den Sodarückständen gewinnen. Man fügt der gelben Lösung so lange Sodarückstände hinzu, bis die gelbe Farbe verschwunden ist, wobei sich die letzteren auflösen und durch Wechselwirkung mit dem freien Chlor und dem Eisenchlorid, welches sich zu Chlorür reduzirt, seinen ganzen Schwefelgehalt zurückläßt, der als Schlamm auf einem Filtrum gesammelt und so gewonnen wird. 1000 Pfd. Braunsteinlösung sollen etwa $3^1/_3$ Pfd. Schwefel liefern. Wird sodann die von dem Schwefel abgegebene, noch stark saure, nämlich durchschnittlich etwa 4 Proz. freie Salzsäure haltende Flüssigkeit mit Sodarückstand neutralisirt, und der dabei sich entwickelnde Schwefelwasserstoff nach Entfernung der gleichzeitig sich entwickelnden Kohlensäure, verbrannt und in Schwefelsäure umgewandelt, so werden noch etwa $11^1/_2$ Pfd. Schwefel zu Gute gebracht, so daß mithin 1000 Pfd. Braunsteinlösung zur Wiedergewinnung von 15 Pfd. Schwefel ausreichen.

Die Rückstände im feuchten Zustande der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs dargeboten erleiden eine allmähliche Oxydation, wobei sich das Schwefelkalzium in unterschwefligsauren Kalk umwandelt, dieser unter Abscheidung der Hälfte seines Schwefels ($CaO . S_2O_2 = CaO . SO_2 + S$) in schwefligsauren, und dieser schließlich in schwefelsauren Kalk übergeht. Der abgeschiedene Schwefel aber tritt mit Schwefelkalzium zu einem leichtlöslichen Polysulfuret zusammen, welches als gelbliche Drainflüssigkeit dem Fuß des Haufens entfließt. Da sich diese Drainflüssigkeit auf unterschwefligsaures Natron, ein werthvolles, besonders in der Photographie und als Antichlor Verwendung findendes Salz verarbeiten läßt, sucht man sie künstlich zu erzeugen, indem man Sodarückstände in dünnen Schichten der

Luft und Feuchtigkeit aussetzt, häufig umkehrt und auslaugt. Wird diese gelbe, Polysulfurete von Kalzium enthaltende Lauge in großen flachen Pfannen, am besten unter Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen, der Luft ausgesetzt, so entsteht unter Absatz von Schwefel unterschwefligsaurer Kalk und aus diesem durch gegenseitige Zersetzung mit hinzugefügtem Glaubersalz unlöslicher Gyps und lösliches, durch Krystallisation zu reinigendes unterschwefligsaures Natron.

Nach einem andern Verfahren bringt man die gelbe Flüssigkeit mit schwefliger Säure zusammen, wodurch ebenfalls unter Fällung von Schwefel unterschwefligsaurer Kalk entsteht. Um diesen direkt in den Handel zu bringen, und zu dem Ende als trockenes Pulver darstellen zu können, was der leichten Zersetzbarkeit wegen seine Schwierigkeiten hat, benutzt Stephenson zum Abdampfen eine eiserne Vacuumpfanne.

Nach einer von Schaffner erfundenen Methode, welche bereits im Großen zur Ausführung gekommen ist, und in der That den richtigen Weg zur Lösung des Problems gefunden zu haben scheint, läßt man die durch wiederholte Auslaugungen der an der Luft sich allmählich oxydirenden Rückstände erhaltene gelbe Drainflüssigkeit an der Luft sich theilweise zu unterschwefligsaurem Kalk, unter Absatz von Schwefel oxydiren und fügt Salzsäure hinzu. Diese zerlegt den unterschwefligsauren Kalk, die frei gewordene unterschweflige Säure zerfällt in Schwefel und schweflige Säure, und diese wieder zersetzt sich mit dem aus dem Schwefelkalzium sich entwickelnden Schwefelwasserstoff unter Fällung des beiderseitigen Schwefelgehaltes. Ob es bei diesem Verfahren möglich sein wird, die Entstehung von Gyps, also den, diesem entsprechenden Verlust an Schwefel, ganz zu vermeiden, steht dahin.

Die Verarbeitung der Rückstände findet übrigens bis jetzt nur vereinzelt statt; sie bleiben vielmehr gewöhnlich, oft ganze Berge bildend, unbenutzt liegen, oder werden, nach vollständiger Oxydation zu Gyps, als wirksames Mittel zur Bodenverbesserung aufs Land gebracht und untergepflügt.

Anderweite Methoden der Darstellung von Soda aus schwefelsaurem Natron.

Außer den schon im Hauptwerke aufgeführten Methoden durch Zersetzung des durch Glühen mit Kohle aus dem Glaubersalz dar-

gestellten Schwefelnatriums mittelst Kohlensäure, Holzessig, holzsaurem Kalk und Kupferoxyd sind noch die folgenden aufzuführen, unter welchen diejenigen, welche die Schwefelsäure oder den Schwefel durch den Prozeß selbst wieder zu gewinnen trachten, zuerst aufgeführt werden mögen.

Eine schon im Jahr 1777 von Malherbe erdachte, neuerdings von Kopp weiter ausgebildete und in der Fabrik von Blythe und Benson zu Church unweit Manchester im Großen mit Erfolg zur Ausführung gebrachte Methode, wobei der verbrauchte Schwefel, abgesehen von kleinen Verlusten, stets wieder gewonnen wird, besteht in Folgendem: Das wasserfreie Glaubersalz wird mit 64 Prozent Eisenoxyd und 44 Proz. Steinkohle gemengt, und die Mischung in einem gewöhnlichen Sodaschmelzofen wie Soda behandelt, zeigt auch dabei ziemlich dieselben Erscheinungen. Die glühend geschmolzene teigige Masse wird in Karren gelassen und so zu großen Blöcken von schwärzlichem Ansehen, sehr dichtem Gefüge, auf der Oberfläche von kupferartigem Glanz, und auf den Bruchflächen von gleichförmig krystallinischem Ansehen und starkem grünlich metallischem Glanz, geformt. Diese nach der Formel $Fe_4\ Na_3\ S_3$ zusammengesetzte Masse kann direkt nicht ausgelaugt werden, weil sie eine dunkelgrüne, eisen- und schwefelhaltige Lauge gibt; wird sie aber einige Zeit der Einwirkung von Kohlensäure und Wasserdampf ausgesetzt, so zerfällt sie zu Pulver und liefert nun beim Auslaugen eine eisen- und schwefelfreie Lösung von kohlensaurem Natron. Zur Ausführung dieser Operation ist in einem, unten mit Steinplatten belegten und von 16 Fuß hohen Mauern umgebenen Raum in der halben Höhe ein eiserner Rost angebracht, dessen Stäbe etwa $1/2$ Zoll von einander abstehen. Der Raum über dem Rost ist mit einem Dach versehen, der untere Raum dagegen bis auf einige zum Eintritt der Kohlensäure dienende Oeffnungen geschlossen. Man bringt nun eine Schicht völlig erkalteter Blöcke der eisenhaltigen Soda auf den Rost und treibt mittelst eines Ventilators feuchte kalte Kohlensäure in den Raum. Sie wird durch Verbrennen von Kokes in einem besonderen kleinen Ofen bereitet und sowohl zur Abkühlung, als auch um sie vollständig mit Wasserdampf zu sättigen, durch eiserne Röhrenleitungen getrieben, die äußerlich durch kaltes Wasser gekühlt und innerlich durch durchfließendes Wasser stets feucht gehalten werden. Die

etwa 500 Pfd. schweren Blöcke beginnen nun bald zu zerfallen und sind im Verlauf von 8 bis 10 Tagen vollständig aufgelockert und als Pulver durch den Rost hindurchgefallen. Bei richtiger Führung der Operationen muß sich ein feines dunkelgraues Pulver ohne alle größeren härteren Stücke bilden, welches aus $Fe_4 Na S_3$ und $2Na O. CO_2$ besteht. Es wird nach dem Prinzip des kontinuirlichen Auslaugens mit 30 bis 40° warmem Wasser ausgelaugt und liefert ganz gesättigte Laugen, welche, ohne der Eindampfung zu bedürfen eine reichliche Krystallisation von großen farblosen Sodakrystallen geben.

Das von dem Auslaugen rückständige Schwefeleisennatrium muß nun einer Röstung unterliegen, die aber auch so leicht von statten geht, daß das völlig getrocknete Pulver schon unter 100° Feuer fängt. Man röstet auf der Sohle einer großen, nur bis zum dunklen Rothglühen erhitzten Muffel und leitet die sich in Menge entwickelnde schweflige Säure in die Bleikammern. Eine Röstung dauert etwa 3 Stunden und hinterläßt Eisenoxyd als feines rothes Pulver mit schwefelsaurem Natron gemengt, welches dann sofort zu einer neuen Operation wieder verwendet werden kann.

Stromeyer fand bei Versuchen über dieses Verfahren, in einzelnen Punkten, namentlich in der Zusammensetzung der Produkte, etwas abweichende Resultate, auf deren Erörterung wir der Raumersparung wegen verzichten müssen, nur bemerkend, daß nach den Stromeyer'schen Versuchen doch ein Verlust von durchschnittlich 20 Proz. des Schwefels, hauptsächlich durch Entwicklung von Schwefelwasserstoff herbeigeführt, stattfand.

Wilson reduzirt das Glaubersalz zu Schwefelnatrium und zersetzt dasselbe durch Kochen mit doppeltkohlensaurem Natron, dessen eines Aequivalent Kohlensäure sich unter Entbindung von Schwefelwasserstoff mit Natron verbindet. Der Schwefelwasserstoff verbrannt, liefert wieder Schwefelsäure. Diese anscheinend sehr beachtenswerthe Methode dürfte an der Schwierigkeit scheitern, das doppelt kohlensaure Natron, dessen Bildung durch eine mit dem Stickstoff der Verbrennungsluft stark verdünnte Kohlensäure sehr langsam von statten geht, in solchen Quantitäten darzustellen, wie sie eine massenhafte Sodafabrikation beanspruchen würde.

Bower zersetzt Glaubersalz durch doppelt kohlensaures Ammo-

niak. Dieses Verfahren ist nur eine Modifikation eines schon ältern von Dyar und Hemming, welches wir bei den Methoden der Sodagewinnung direkt aus Kochsalz besprechen werden, und offenbar eine Verschlechterung, weil es die vorhergehende Umwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz voraussetzt.

Laming empfiehlt die gegenseitige Zersetzung von Schwefelnatrium und kohlensaurem Ammoniak. In großen Städten mit Gasbeleuchtung, wo die große Menge des Gaswassers durch Sättigung mit Salzsäure zur Salmiakfabrikation, oder durch Schwefelsäure zur Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak verarbeitet wird, würde man allerdings mit Vortheil das Gaswasser zur Zersetzung von Schwefelnatrium benützen können. Man erhielte kohlensaures Natron und Schwefelammonium. Dieses durch Salz- oder Schwefelsäure zersetzt, liefert Schwefelwasserstoff, welcher verbrannt und zur Wiedergewinnung von Schwefelsäure benutzt würde.

Habich behandelt Schwefelnatrium mit kohlensaurem Eisenoxydul (Spatheisenstein). Es entsteht kohlensaures Natron und Schwefeleisen, aus welchem durch Röstung schweflige, und aus dieser wieder Schwefelsäure gewonnen wird. Es ist zu fürchten, daß die Kosten des noch dazu sehr fein zu pulverisirenden Spatheisensteins, und der höchst geringe Werth des bei der Röstung erhaltenen Eisenoxyds, die ökonomischen Vortheile dieser Methode bei weitem aufwiegen werden.

Andere Methoden der Sodabereitung aus Glaubersalz, welche, wie die Leblanc'sche, die Schwefelsäure verloren geben, aber durch die Kostbarkeit der Hülfsmateriale oder durch größere Weitläufigkeit ihr unbedingt nachstehen, mögen nur kurz erwähnt werden. Es gehört dahin die Zersetzung des Sulfats durch essigsauren Baryt und Glühen des essigsauren Natrons; die Zersetzung durch kohlensauren Baryt nach Kohlreuter; durch doppelt kohlensauren Baryt nach Wagner, durch Barythydrat nach Fuller.

Seit zu Anfang des gegenwärtigen Dezenniums in den Departements Bouches du Rhone und Var der in großen Massen besonders zu Baux vorkommende, aus 60 bis 75 Proz. Thonerde, 12 bis 20 Proz. Eisenoxyd, 1 bis 3 Proz. Kieselerde und veränderlichen Mengen Wassers bestehende Bauxit entdeckt und zur Darstellung von Thonerdehydrat benutzt worden, indem man ihn

durch Glühen mit Soda aufschloß, das gebildete Thonerdenatron löste und durch Kohlensäure fällte, hat man angefangen, statt der Soda das wohlfeilere Sulfat zu verwenden, indem man den Bauxit mit Sulfat und Kohle glüht, weil nur unter Mitwirkung von Kohle die Thonerde im Stande ist, die Schwefelsäure zu verdrängen. Durch Behandlung des so erhaltenen Thonerdenatrons mit Kohlensäure gewinnt man Thonerdehydrat (zur Fabrikation von schwefelsaurer Thonerde und Alaun) und Soda. In wie weit es gelungen sein wird, das bei der Schmelzung nothwendiger Weise entstehende Schwefeleisennatrium zu beseitigen und eisenfreie Produkte zu erzielen, ist noch nicht bekannt.

Die Darstellung der Soda aus dem Kryolith wird bei Gelegenheit der Fabrikation von Aetznatron ihren Platz finden.

III. Darstellung der Soda direkt aus Kochsalz.

a) Durch Kieselerde und Wasserdampf. Nachdem schon im Jahr 1809 von Gay-Lussac und Thenard die, bekanntlich auch zum Glasiren des Steinzeugs in Anwendung kommende, Zersetzbarkeit des Kochsalzes durch vereinte Wirkung von Kieselerde und Wasserdampf bei hoher Temperatur, wobei unter Entwicklung von Chlorwasserstoff das Natrium sich zu Natron oxydirt, welches mit der Kiesel- und Thonerde zusammenschmilzt, zur Sodafabrikation empfohlen worden, ist im Jahr 1843 den Franzosen Blanc und Bazille das folgende Verfahren patentirt. Sie bringen eine Mischung von 200 Theilen Sand und 280 Th. Kochsalz in eine eiserne Retorte, durch welche der ganzen Länge nach ein mit feinen Löchern versehenes Dampfrohr reicht. Wenn die Retorte sammt dem Inhalte zur Kirschrothglühhitze gekommen ist, läßt man Dampf, jedoch nur langsam, einströmen, um die Temperatur nicht zu erniedrigen. (Gewiß würde sich dazu überhitzter Wasserdampf vorzüglich eignen.) Die durch ein weites Rohr nebst verflüchtigtem Kochsalz aus der Retorte entweichende Salzsäure wird in einer Kammer durch Wasser kondensirt, das gebildete kieselsaure Natron aber, welches in Wasser kaum löslich ist, mit 60 Proz. Soda zusammengeschmolzen, dann in Wasser gelöst und durch Kohlensäure zersetzt. — Schwerlich wird die eiserne Retorte lange dauern, auch fürchten wir, daß wenn die anfänglich poröse Masse durch geschmol-

zenes Glas zusammensintert, der Dampf bald aufhören werde, seine Wirkung zu machen, und daß bei weitem der größte Theil des Kochsalzes der Zersetzung entgehen wird.

Eine Abänderung dieses Verfahrens ist 1862 dem Engländer Gossage patentirt. Er füllt den vertikalen Schacht eines kleinen, aus feuerfesten Steinen erbauten Ofens mit Quarzstücken und leitet die Flamme eines daneben befindlichen Gasgenerators zugleich mit einem Strom Wasserdampf zunächst über einen kleinen mit Kochsalz bedeckten Herd und von da abwärts in den Quarz. Das Kochsalz verdampft bei der angewandten sehr starken Hitze und erleidet in Berührung mit dem Quarz die angeführte Zersetzung. Das entstandene kieselsaure Natron soll als lösliches Wasserglas aus dem Ofen ausfließen und schließlich durch Kohlensäure zerlegt werden. Ref. vermag nicht die Befürchtung zu unterdrücken, daß bei Gegenwart eines so großen Ueberschusses von Kieselsäure und bei einer so hohen Temperatur, wie sie die Verdampfung des Kochsalzes erheischt, die entstehende Natronverbindung nicht auf der Stufe des Wasserglases stehen bleiben, vielmehr eine an Kieselsäure reichere, und daher unlösliche Verbindung bilden werde. Der Hauptzweck dieser Erfindung scheint übrigens in der Herstellung eines zur Glasfabrikation brauchbaren Materials zu liegen, wozu sie sich wohl eignen mag.

b) Durch kohlensaures Ammoniak. Diese von Dyar und Hemming erfundene, außerordentlich hübsche Methode beruht auf der gegenseitigen Zersetzung von Chlornatrium und doppelt kohlensaurem Ammoniak, wobei sich schwerlösliches doppelt kohlensaures Natron niederschlägt, während Chlorammonium in Lösung bleibt. Dieses letztere zur Trockne gebracht und mit kohlensaurem Kalk gemengt und geglüht, liefert einfach kohlensaures Ammoniak. Das doppelt kohlensaure Natron ebenfalls geglüht, liefert 1 Aeq. Kohlensäure, welche, mit dem kohlensauren Ammoniak in eine Bleikammer geleitet, wieder doppelt kohlensaures Ammoniak bildet, mit welchem derselbe Prozeß von Neuem beginnt. Diese sinnreiche Methode erfordert, abgesehen von kleinen Verlusten an Ammoniak, kein anderes Hülfsmaterial als Kreide und liefert ein fast chemisch reines kohlensaures Natron. Das gebildete doppelt kohlensaure Natron kann auch als solches, wenn durch gehörige Waschungen von dem anhängenden Salmiak gereinigt, in den Handel kommen und so einen noch

höheren Preis als den der Soda erzielen. Leider besitzt diese hübsche Methode auch ihre Schattenseite. Zunächst erfolgt die gegenseitige Zersetzung zwischen Kochsalz und doppelt kohlensaurem Ammoniak nur theilweise, und zwar werden bei Anwendung gleicher Aequivalente, also auf je 100 Gewichtstheile Salz 66,5 Th. einfach oder 135 doppelt kohlensaures Ammoniak, nur etwa $^2/_3$ des Kochsalzes zersetzt, so daß man aus 100 Salz nur 105, statt der theoretischen 158 Bikarbonat erhält. Zwar würde man bei einem ziemlich großen Ueberschuß von Ammoniak die Zersetzung des Salzes ziemlich vollständig erreichen, aber dann auch um so größere Verluste an Ammoniak erleiden. Der also nicht gut zu vermeidende Verlust an Kochsalz, sowie die Langsamkeit, mit welcher die Absorption der Kohlensäure erfolgt, steht der vorliegenden Methode hindernd entgegen.

IV. Fabrikation von Aetznatron.

Die fabrikmäßige Darstellung von ätzendem Natron zum Verkauf gründet sich vornehmlich auf die Erfindung einfacher Verfahrungsarten, die Mutterlauge der Sodafabriken nach dem Auskrystallisiren des Sodamehls, sogenannte rothe Lauge, welche, wie oben gezeigt, vorzugsweise ätzendes Natron enthält, von dem fast nie fehlenden Gehalt an Schwefelnatrium und Schwefeleisen, die ihr eine bräunliche Farbe ertheilen, und früher ihrer Benutzung im Wege standen, zu reinigen.

Das noch jetzt am häufigsten übliche Verfahren der Reinigung besteht in einem Zusatz von Natronsalpeter zu der heißen sehr konzentrirten Natronlauge, wobei unter Zersetzung der Salpetersäure das Schwefelnatrium zu schwefelsaurem Natron, das Schwefeleisen aber zu Eisenoxyd oxydirt wird. Die Zersetzung des Natronsalpeters zeigt sich dabei je nach der Temperatur ganz verschieden, denn bei Temperaturen zwischen 138 und 143° verwandelt er sich einfach in salpetrigsaures Natron, welches bei höherer Temperatur, 155°, wieder zerfällt, indem sich aus dem Stickstoff der salpetrigen Säure Ammoniak erzeugt, welches oft in so großer Menge entweicht, daß man selbst versucht hat, es zu kondensiren und so zu verwerthen.

Man bedient sich zu dieser Operation gußeiserner Pfannen oder Kessel. Nachdem die rothe Lauge in einem solchen bis zu einem spezif. Gewicht von 1,40 eingedampft ist, wobei die Temperatur auf

132° steigt, setzt man den zur Oxydation nöthigen Natronsalpeter hinzu, fährt mit der Verdampfung noch etwas fort, schöpft die sich allmählich ausscheidenden, in der konzentrirten Lauge unlöslichen Salze, hauptsächlich kohlensaures und schwefelsaures Natron, so viel wie möglich aus, und läßt die Lauge in eine Kühlpfanne ab, worin sie erkaltet und die noch gelöst oder suspendirt gewesenen Salze absetzt. Man bringt sie hierauf in einen gußeisernen Kessel, fügt noch etwas Natronsalpeter hinzu und setzt das Erhitzen und Abdampfen unter stetem Ausschöpfen der sich ausscheidenden Salze so lange fort, bis eine Probe beim Erkalten rasch zu einer festen Masse erstarrt. Das Natron wird dann zum Erkalten und Festwerden in eiserne Kasten geschöpft und bildet so das im Handel vorkommende Aetznatron. Die erforderliche Menge von Natronsalpeter ist sehr veränderlich und schwankt zwischen 4 und 6 Prozent des fertigen Natronhydrats. Das Eisenoxyd scheidet sich zwar aus der verdünnten Lauge als Schlamm, aus der konzentrirten als Schaum ab, aber ein kleiner Theil bleibt doch mechanisch suspendirt, ein anderer Theil, auf 7000 Natron 1 Eisenoxyd, in wirklicher Auflösung. War auch die Lauge anfänglich völlig eisenfrei, so gelangt doch durch den Rost der eisernen Gefäße Eisen in die Lauge, ja es scheint sogar das metallische Eisen von dem so höchst konzentrirten Natron angegriffen zu werden.

Zur Darstellung eines reineren Produktes ist von Pauli eine Methode empfohlen, nach welcher das unreine, noch Thonerde, kohlensaures Natron, Eisenoxyd und überschüssiges Wasser enthaltende Natronhydrat in einem großen gußeisernen Gefäß geschmolzen und durch Abschäumen von den als Schaum sich abscheidenden Unreinigkeiten befreit, dann aber noch mehrere Stunden lang in gelinder Rothglühhitze gehalten wird. Hierbei scheiden sich kieselsaure Thonerde, schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Kalk und Eisenoxyd in Gestalt blumenkohlartiger Konkretionen aus und man kann nun das klare geschmolzene Natronhydrat, welches frei von Thonerde und Eisenoxyd ist, abgießen.

Neuerdings ist von Hargreaves ein ebenso einfaches wie wirksames Mittel gefunden, die Rohlauge gleich anfänglich vor dem Eindampfen zur Gewinnung des Sodamehls zu oxydiren und das

Schwefelnatrium zu entfernen, wodurch dem Fabrikanten alle aus der Gegenwart des Schwefelnatriums entspringenden Uebelstände, namentlich auch die Behandlung des Aetznatrons mit Natronsalpeter erspart werden. Der Apparat, in Fig. 8, Taf. 121, im Durchschnitt dargestellt, besteht in einem zylindrischen Behälter der bei a einen mit kleinen Löchern durchbrochenen Doppelboden enthält, in welchen das weite Rohr b einmündet. An dem oberen Ende dieses Rohrs findet sich ein Trichter c, und in geringer Entfernung über demselben das Ausströmungsrohr d eines Dampfkessels, in welchem Dampf von 3 bis 4 Atmosphären Druck entwickelt wird. Man füllt den Behälter etwa 5 Fuß hoch mit Rohlauge und öffnet den Dampfhahn. Der mit großer Gewalt ausströmende Dampf reißt die umgebende Luft mit sich fort und strömt mit ihr durch den Trichter und das Rohr b in den unteren Raum, um durch die Löcher des Doppelbodens auszutreten. Die heiße Luft steigt in unzähligen Blasen durch die Lauge, die dabei in gewaltsame Bewegung geräth und so der durchstreichenden Luft stets neue Oberflächen darbietet. Gewöhnlich reichen 4½ Stunden hin, um die Oxydation der Rohlauge so weit zu vollenden, daß eine Probe derselben mit Bleizuckerlösung keinen schwarzen, sondern nur einen rein weißen Niederschlag hervorbringt. Aber in diesem Stadium der Oxydation ist das Schwefelnatrium erst in unterschwefligsaures oder schwefligsaures Natron umgewandelt, deren ersteres man leicht daran erkennt, daß die Lauge mit Salz- oder Schwefelsäure übersättigt sich durch Ausscheidung fein pulverisirten Schwefels milchig trübt, während die Gegenwart von schwefligsaurem Natron sich bei der Uebersättigung mit Schwefelsäure durch den Geruch zu erkennen gibt. Es ist daher zur weiteren Oxydation rathsam, die Operation noch ein Paar weitere Stunden fortzusetzen, aber zur vollständigen Beendigung der Oxydation und Erzielung einer ganz marktgerechten Waare bedarf es beim letzten Eindampfen immer noch einer, wenn auch fast verschwindend kleinen Menge Natronsalpeter.

Um eine an ätzendem Natron recht reiche Lauge zu erhalten, bedienen sich einige Fabrikanten nach der Erfindung von Gossage des Mittels, statt der gewöhnlichen Mischung eine an Kalk ärmere, dagegen an Kohle reichere Mischung, von gleichen Theilen Glaubersalz, Kreide und Kohle anzuwenden und die erhaltene Lauge mit

Eisenoxydhydrat zu kochen, wodurch unter Erzeugung von Schwefeleisen sich Natron bilden soll. (?)

Aetznatron aus Kochsalz mittelst Flußsäure dargestellt nach Weldon.

Diese eigenthümliche Kombination gründet sich auf folgende Reaktionen: 1) neutrales schwefelsaures Natron soll durch Flußsäure in Fluornatrium und doppelt schwefelsaures Natron zerfallen; 2) Fluornatrium soll durch Magnesia in ätzendes Natron und Fluormagnesium zerlegt werden; 3) Fluormagnesium soll durch Behandlung mit doppeltschwefelsaurem Natron sich leicht zersetzen und Flußsäure entwickeln. Das Verfahren ist nun folgendes: Nehmen wir als Ausgangspunkt eine Mischung von 1 Aeq. Glaubersalz und 1 Aeq. schwefelsaure Magnesia an. Durch Zusatz von 1 Aeq. Kochsalz und Erkalten der Lösung mittelst der Carré'schen Eismaschine entstehen 2 Glaubersalz und 1 Chlormagnesium. Der Erfinder löst nun das auskrystallisirte Glaubersalz in möglichst wenig Wasser und bringt konzentrirte Flußsäure hinzu. Diese bildet mit 1 Aeq. Natrium sich krystallinisch ausscheidendes Fluornatrium, während 1 Aeq. doppelt schwefelsaures Natron in Lösung bleibt, welches man von dem Fluornatrium trennt. Das Chlormagnesium wird glühend durch Wasserdampf zersetzt und hinterläßt unter Entwicklung von Salzsäure, die man als Nebenprodukt gewinnen kann, Magnesia. Durch Digestion dieser Magnesia mit dem Fluornatrium wird ätzende Natronlauge und Fluormagnesium erzeugt. Dieses letztere mit dem oben erhaltenen doppelt schwefelsauren Natron erhitzt, gibt Flußsäure, die bei einer nächsten Operation zur Anwendung kommt, während 1 Aeq. einfach schwefelsaures Natron und 1 Aeq. schwefelsaure Magnesia zurückbleiben, mit welchen dann ein neuer Cyklus beginnt.

Theoretisch läßt sich gegen diese Methode, vorausgesetzt, daß die ihr zu Grunde liegenden Reaktionen wirklich in vollem Maße stattfinden, nichts einwenden, auch empfiehlt sie sich dadurch, daß außer dem Kochsalz, und dem nicht sehr bedeutenden Aufwand an Brennmaterial, abgesehen von kleinen Verlusten, die ersetzt werden müssen, kein anderes Material dazu gehört, indem die Schwefelsäure, Flußsäure und Magnesia stets wieder gewonnen werden. Dagegen ist nicht zu bezweifeln, daß die Ausführung im Großen mancherlei Schwierigkeiten darbieten werde. Wer öfter mit Flußsäure zu arbei-

ten und die bösartigen, furchtbaren Wirkungen auf den thierischen Organismus zu beobachten Gelegenheit hatte, dem werden sich bei dem Gedanken an eine fabrikmäßige Manipulation großer Massen konzentrirter Flußsäure, selbst bei gut geschlossenen Apparaten, die Haare sträuben. Es scheint ferner kaum glaublich, daß die Zersetzung des Fluormagnesiums durch Bisulfat so leicht und bei so niedriger Temperatur erfolgen werde, wie sie in Bleigefäßen doch nur gegeben werden kann. Sodann geht die Zersetzung des Chlormagnesiums durch Wasserdampf keineswegs so leicht und vollständig von statten, wie vorausgesetzt wird. Wir können der Weldon'schen Erfindung, welche bis jetzt noch nicht im Großen zur Ausführung gekommen zu sein scheint, keine Zukunft in Aussicht stellen.

Aetznatron und Soda aus Kryolith.

Der seit einer Reihe von Jahren in großen Quantitäten aus Grönland nach Europa kommende Kryolith, $Al_2 Fl_3 . 3 Na Fl$, liefert zu einer ebenso interessanten wie ausgedehnten Industrie, wobei einerseits Thonerdehydrat, andererseits ätzendes oder kohlensaures Natron gewonnen werden, das Material.

Nach dem gewöhnlich üblichen Verfahren mischt man den pulverisirten Kryolith mit 6 Aeq. kohlensauren Kalks und erhitzt die Mischung in einem Flammofen bis zum Zusammensintern, jedoch nicht zum Schmelzen. Unter Entwicklung der Kohlensäure tritt hierbei sämmtliches Fluor an Kalzium, während sich die Thonerde mit dem Natron zu einem Natronaluminat vereinigt, welches durch Auslaugen von dem unlöslichen Fluorkalzium getrennt wird. Man behandelt diese Lauge mit Kohlensäure, zu welchem Zweck man die aus dem Flammofen entweichende benutzt, erhält also eine Lauge von kohlensaurem Natron und einen Niederschlag von Thonerdehydrat. Dieses letztere dient zur Darstellung von schwefelsaurer Thonerde oder Alaun; während man die kohlensaure Lauge entweder verdampft und als Soda verkauft, oder durch Behandlung mit gebranntem Kalk ätzend macht und entweder nach dem Eindampfen als konzentrirte Aetzlauge, oder mittelst noch weiteren Eindampfens als festes Natronhydrat in den Handel bringt. Sowohl die Thonerde und die daraus bereiteten Salze, wie auch die Natronlauge können sich durch große Reinheit auszeichnen, vorausgesetzt, daß

richtig verfahren wurde. Man findet aber nicht selten die Lauge in Folge zu früh unterbrochener Sättigung noch thonerdehaltig.

Eine andere, in den Kryolithfabriken unseres Wissens nicht gebräuchliche, gewiß aber beachtenswerthe Methode ist die Zersetzung des Kryoliths auf nassem Wege. Wird fein gemahlener Kryolith mit 6 Aeq. zu Kalkmilch gelöschten Kalkes gekocht, so erfolgt vollständige Zersetzung und man erhält wie vorhin eine Lösung von Natronaluminat. Um nun die Thonerde vom Natron zu trennen, kocht man die Lauge mit einer gleichen Menge Kryolith, wie vorher angewandt wurde, oder besser mit einem kleinen Ueberschuß. Dabei wird das Fluoraluminium des Kryoliths durch das Natron der Lauge zersetzt und man erhält in Lösung 6 Aeq. Fluornatrium, und als unlöslichen Niederschlag 2 Aeq. Thonerdehydrat nebst dem überschüssig zugesetzten Kryolith. Durch Behandlung des Fluornatriums mit gebranntem Kalk wird reine ätzende Natronlauge gewonnen, während das Thonerdehydrat in verdünnter Schwefelsäure gelöst, den beigemischten Kryolith zurückläßt, der bei einer nächsten Operation wieder zugenommen wird.

Heeren.

Spulmaschinen.

(Bd. XV. S. 267.)

Die Spulmaschine ist, wie dies in dem gleichnamigen Artikel des Hauptwerkes genügend dargethan wurde, eine mechanisch wirkende Vorrichtung, um eine größere Anzahl Spulen gleichzeitig und mit der erforderlichen Genauigkeit mit Faden zu bewickeln. Da die Arbeit des Aufspulens in der Weberei eine sehr wesentliche ist, so spielt auch die Spulmaschine in diesem Industriezweige eine bedeutende Rolle. Außerdem aber findet sie vielfach Anwendung in derjenigen Manufaktur, welche sich mit der Erzeugung von Nähgarn beschäftigt, indem die Nähgarne in großen Quantitäten auf Holzspulen gewickelt in den Handel gebracht werden. Die Bestimmung der Spulmaschine kann demnach dreierlei Art sein: Die Bewickelung der Spulen zum Einstecken in die Weberschützen, der Spulen zum Kettenscheeren und der Nähgarnspulen; man kann daher auch drei Gattungen von Spulmaschinen unterscheiden:

Schußspulmaschinen,
Kettenspulmaschinen,
Nähgarnspulmaschinen.

Alle drei Gattungen von Spulmaschinen haben offenbar einen so ähnlichen Zweck zu erfüllen, daß die Prinzipien ihrer Einrichtung dieselben sein müssen. Ihre Aufgabe besteht allemal darin, die Spulen gleichmäßig und so zu bewickeln, daß die Fadenlagen nebeneinander und übereinander fest und dergestalt zu liegen kommen, wie es nöthig ist um das Wiederabwickeln ohne Störung und Verwirrung von Statten gehen zu lassen; was im höchsten Grade bei den Schußspulen von Wichtigkeit ist, da hier die Abwickelung mit großer Schnelligkeit geschieht. Diese Gleichheit im Zwecke erklärt denn auch genügend, weshalb man in den Webereien sich gewöhnlich auf eine Maschine beschränkt und damit ebensowohl Schuß- als Kettenspulen bewickelt. Diese Beschränkung rechtfertigt sich auch noch dadurch, daß seit der Einführung der vollständig automatisch arbeitenden Mule-Maschinen in die Baumwoll- und Woll-Spinnerei die Erzeugung der Kötzer in einer solchen regelmäßigen Weise geschieht, daß man dieselben ohne weitere Vorbereitung in die Weberschützen legen und somit in solchen Fällen die Schußspulmaschine ganz entbehren kann. Diese Fälle bilden aber jetzt in der Woll- und Baumwollweberei die Regel. Eine besondere Bedeutung hat demnach die Schußspulmaschine für die Leinenweberei (weil die Leinengarne nur auf Watermaschinen gesponnen werden und deshalb nicht ohne weiteres in die Weberschützen gebracht werden können) und für die Seidenweberei. Behufs des Kettenscheerens sind selbstverständlich in allen Webereien Spulmaschinen erforderlich; da diese Kettenspulmaschinen jedoch ausführlich in dem Artikel Weberei des Hauptwerkes erörtert sind, so können sie hier um so mehr übergangen werden, als die dort angegebene Spulmaschine nach dem Prinzipe der Water-Spinnmaschine, mit unwesentlichen kleinen Verbesserungen noch bis jetzt als die zweckmäßigste sich erhalten hat Seit dem Erscheinen des XV. Bandes des Hauptwerkes sind mancherlei Verbesserungen und Veränderungen an den Spulmaschinen eingeführt. Sofern sie von Bedeutung sind, sollen sie hier mitgetheilt werden. Vorher wollen wir jedoch mit Hülfe der Zeichnungen auf Taf. 122 und 123 zwei Maschinen ausführlicher beschreiben, welche als durchaus praktisch und empfehlenswerth sich herausgestellt haben.

In den Fig. 1, 2 (Taf. 122) und 1 bis 5 (Taf. 123) ist — nach dem Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Tome 26 — eine Spulmaschine dargestellt, welche die Bestimmung hat in größeren Leinenwebereien sowohl die Spulen für die Schützen als für den Scheerrahmen zu bewickeln.

Wie aus der Vorderansicht Fig. 1 (Taf. 123) hervorgeht, besteht diese Maschine aus zwei in der Mitte zusammenstoßenden Abtheilungen, wovon die eine rechts zur Bildung von Schützenspulen, die andere links zur Erzeugung von größeren Spulen dient. Gleichzeitig ist das Abwickeln von auf Haspeln gelegten Garnsträhnen und von größeren Spulen angedeutet. Fig. 1 (Taf. 122) gibt die Seitenansicht der Abtheilung für Schußspulen und Fig. 2 (Taf. 122) einen Durchschnitt der andern Abtheilung Fig. 2 (Taf. 123) läßt im Grundriß die Führung des Garnfadens erkennen, Fig. 3 und 4 (Taf. 123) zeigen die Bremsvorrichtung für die Haspel, und Fig. 5 (Taf. 123) endlich stellt eine hölzerne Schußspule dar. Bei den zusammengehörenden Zeichnungen sind dieselben Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Die Maschinentheile werden von dem hölzernen Gestell AAA mit verschiedenen Querstücken DDEM getragen. Auf dem Querriegel E befindet sich eine nach innen vortretende Bank F zur Aufnahme der Spindeln a, welche mit ihren unteren Enden in den kleinen Pfannen b stehen. Die zweite Unterstützung bekommen die Spindeln durch die kleinen Gabeln c, welche seitwärts an der, von dem Querriegel M getragenen, Bank G sitzen und in denen sie durch kleine Vorsteckstifte (Fig. 2) gehalten werden. Oberhalb dieser zweiten Unterstützungsstelle besitzen die Spindeln konische Verstärkungen e als Träger für die Spulen, welche auf die schlanken Spindeln aufgesteckt und durch Reibung festgehalten werden. Die Umdrehung der Spindeln, somit der aufgesteckten Spulen, geschieht durch die Schnüre f, welche einerseits um die Wirtel gg, andererseits um die durch das ganze Gestell gehende Blechtrommel H liegen, und durch Umdrehung dieser Trommel in Bewegung gesetzt werden. Die Blechtrommel H liegt zu diesem Zwecke mit Zapfen in seitwärts an dem Gestelle angebrachten Lagern h und trägt außerhalb eine Riemscheibe J zur Aufnahme eines Riemens, der von einer größeren vorn am Gestell befindlichen Riemscheibe K kommt. Diese letztere Riemscheibe sitzt auf einem Zapfen und wird durch eine Kurbel L, welche vermittelst der Schraube

i noch besonders damit verbunden ist, von der Hand eines Arbeiters gedreht.

Das Maschinengestell wird oben durch eine Platte J' bedeckt, und diese dient sowohl zur Aufnahme der Träger, in welchen die Haspel und Spulen liegen, als zur Aufnahme der Fadenspannungsvorrichtung. Die Haspel, und Spulenträger sind mit l angedeutet. Die Träger bestehen aus aufrechtstehenden Stäben, welche mit Zapfen durch die Platte J' gehen und unterwärts durch eingeschlagene Keile gehalten werden; oben haben sie zwei Einschnitte zum Einlegen der Haspel- oder Spulenzapfen. Der von den Haspeln oder Spulen abzuwickelnde Faden bedarf, bevor er auf die Spulen läuft, einer Spannung um dadurch eine feste Bewickelung zu erzielen. Um diese Spannung hervorzubringen ist bei vorliegender Maschine folgende Einrichtung getroffen. An beiden Enden der Maschine befinden sich auf der schon gedachten Platte J' zwei aufrechtstehende Latten N,O, zwischen denen zwei über die ganze Maschine sich erstreckende Drähte p, q (Fig. 2 Taf. 123) durch die Schrauben r (Fig. 1) gespannt, gezogen sind. Ferner liegt auf der Platte J' befestigt eine Latte Q, in welche eine größere Anzahl Fadenführer m,m (für jeden Faden vier Stück) von Glas, Email oder Draht eingeschraubt sind. Indem nun der Faden über die ausgespannten Drähte und durch die Führungsaugen so gezogen wird wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, bekommt er die genügende Spannung nicht allein, sondern man kann die Spannung, die selbstverständlich für verschiedene Garndicken verschieden sein muß, diesen anpassen, indem man sie dadurch verringert, daß man die Zahl der kleinen Führungsaugen kleiner wählt. Gleichzeitig ist es erforderlich, daß von den Spulen und Haspeln nicht mehr Garn hergegeben wird als man aufwickelt, was durch eine Bremsung der Haspel (die schweren und wegen ihres geringen Durchmessers weniger der Zentrifugalkraft unterworfenen Scheibenspulen leisten durch ihre Zapfenreibung genügenden Widerstand) leicht erreicht wird. Zu dem Zwecke liegt, wie dies aus den Fig. 3 und 4 (Taf. 123) hervorgeht, um die Haspelachse ein mit Bleistücken beschwerter Lederriemen.

Zur regelrechten Aufleitung des Fadens auf die zu bewickelnden Spulen dient eine Vorrichtung, wie sie bei den Handmulemaschinen vorkommt, d. h. ein von der Arbeiterhand geführter Aufwindedraht, der hier in folgender Weise angeordnet ist. Von drei Lagern R,R,R

getragen liegt vor der Maschine her eine runde Welle SS mit den drei Armen U,U,U und einem Handhebel V. Zwischen den Armen ist ein Draht n ausgespannt, der sich bei Drehung der Welle S in dem punktirten Bogen Fig. 1 u. 2 (Taf. 122) bewegt, bei dieser Bewegung den unter sich herlaufenden Faden auf der Spule hin und her führt und an jeder beliebigen Stelle auf dieselbe auflaufen läßt. Je nachdem der Aufwindedraht sich längere oder kürzere Zeit an einer Stelle hält, wird hier die Bewickelung stärker oder schwächer und es liegt somit allein in der Hand des Arbeiters die Gestalt der bewickelten Spule zu erzeugen. Wenn man sich anderer Fälle von Handarbeit, welche große Geschicklichkeit erfordern, erinnert, so wird man nicht darüber in Zweifel sein, daß ein Arbeiter nach einiger Uebung den Draht so zu führen im Stande sein wird, daß die Aufwickelung mit der entsprechenden Genauigkeit Statt findet. Daß man übrigens die vorstehend beschriebene Maschine in solchen Fabriken, denen Dampf- oder Wasserkraft zu Gebote steht, von dieser treiben lassen kann, indem man auf die Riemscheibe J einen von einer Wellenleitung kommenden Riemen legt, bedarf wohl nur der Andeutung. — Um das Auswechseln der Stäbe zu ersparen, mit welchen die Spulen in die Spulenträger l gelegt werden, kann man auch eine Reihe feststehender Zapfen auf der Platte J' anbringen, wie bei W Fig. 1 (Taf. 122) angedeutet ist.

Wenngleich diese Spulmaschine den Vorzug einer vereinigten Schuß- und Kettenspulmaschine, großer Einfachheit und Billigkeit besitzt und ferner den Vortheil gewährt, daß man die Spulen durch die Handführung des Aufwindedrahtes in beliebiger Form bewickeln kann, was namentlich in Bezug auf die Spulen zum Kettenscheren von Belang ist, indem diese wegen der vermehrten Garnquantität in der Mitte ausgebaucht bewickelt werden; so wendet man doch auch sehr häufig solche Maschinen an, bei denen die Fadenführung selbstthätig bewirkt wird. — Bei näherer Betrachtung ist die Aufgabe, Spulen automatisch zu bewickeln, nicht so einfach wie dies auf den ersten Blick erscheint, und die vollständige Lösung nur mit Hülfe sehr komplizirter und daher kostspieliger Mechanismen möglich. Die Schwierigkeit liegt nämlich in den sich stetig ändernden Geschwindigkeiten, welche die Spulen und der Aufwindedraht erhalten müssen, wenn man verlangt, daß zu jeder Zeit der Faden mit vollkommen gleichbleibender

Spannung angezogen und jede neue Garnlage mit streng mathematischer Genauigkeit gebildet wird, d. h. wenn man die Bedingung stellt, daß in demselben Verhältnisse, in welchem der Garnkörper an Durchmesser zunimmt, die Drehgeschwindigkeit der Spindel stetig abnimmt, und die Bewegung des Aufwindedrahtes alterirt wird, wie dies bei den selbstthätigen Mule-Spinnmaschinen der Fall ist. In diesem Falle würde der komplizirte Mechanismus des Selfaktors, soweit er sich auf die Bewickelung erstreckt, auch bei den Spulmaschinen angewendet werden müssen. Der Aufwickelungsprozeß bei den selbstthätig wirkenden Mule-Maschinen ist aber doch wesentlich anders als bei den Spulmaschinen. Bei den ersteren muß während des Einfahrens des Wagens der zwischen den Spindeln und den Streckwalzen ausgezogene Faden mit derjenigen Geschwindigkeit aufgewickelt werden, mit welcher der Wagen sich bewegt, d. h. die mittlere Peripheriegeschwindigkeit des Garnkörpers muß genau gleich der Wagengeschwindigkeit sein: ist sie geringer, so wird nicht die ganze Fadenlänge aufgewickelt und das Garn bekommt Knoten; ist sie größer, so wächst die Fadenspannung bis zum Abreißen, weil das zwischen den Streckwalzen sitzende Fadenende festgehalten wird. Bei den Spulmaschinen hingegen wird stets genau so viel Garn von den Haspeln 2c. hergegeben als aufgewickelt wird, weil jene sich ja durch den Zug des Garns bewegen und bei gleichbleibendem Widerstande der Garngeschwindigkeit ohne weiteres folgen. Demnach ist eine Veränderung der Winkel-Geschwindigkeit, mit welcher die Spindeln sich drehen, höchstens bei sehr feinen Garnen erforderlich, die dem Zug nicht zu widerstehen vermögen, in diesem Falle aber auch den Haspeln eine eigene Bewegung zu ertheilen. Im Allgemeinen wird es daher bei den Spulmaschinen nur auf die Führung des Aufwindedrahtes ankommen.

Nach diesen Prinzipien hat der Maschinenfabrikant Rudolf Voigt in Chemnitz eine Spulmaschine konstruirt, welche wir hier in Fig. 6 (Taf. 123) nur in soweit gezeichnet haben, als daraus die Bewegungsvorrichtungen vollständig klar hervorgehen. Die Zeichnung stellt eine Ansicht von der Seite dar, an welcher sich dieser Mechanismus befindet und zwar in $^1/_{10}$ nat. Gr. Um dabei auch die innerhalb des Gestells liegenden Haupttheile sichtbar zu machen, sind einzelne Theile des Gestells nur punktirt ausgedrückt.

Das Gestell besteht aus zwei oder bei langen Maschinen aus

mehreren vertikalen gußeisernen Rahmen A, welche durch gußeiserne Querstücke fest mit einander verbunden sind. Auf einem dieser Querstücke a stehen in entsprechender Entfernung von einander so viele runde Zapfen als Spindeln vorhanden sind, mindestens aber 6 bis hinauf zu jeder beliebigen Zahl. Auf diese Zapfen werden die Schnurwirtel c mit entsprechenden Höhlungen gesteckt und in diese Wirtel von oben her die zu diesem Zwecke unten vierkantig platt gearbeiteten Spindeln b. Diese Spindeln sind 26 Centimeter lang und, wie Fig. 7 in $^1/_4$ nat. Gr. zeigt, oben gespalten und nach zwei Seiten mit kleinen Umbiegungen a versehen, mit welchen sie die von unten heraufgeschobenen hölzernen Schützenspulen b festklemmen, um sie bei der Umdrehung mitzunehmen. Um hierbei das Schleudern zu vermeiden, legt sich der obere dicke Theil der Holzspule sanft und fast ohne Reibung in die glatt ausgedrehte gußeiserne Hülse B, in welche die Spindel von oben her eingesteckt wird und die, um das Eintreten des Fadens möglich zu machen, an der Vorderseite aufgeschlitzt ist. Der Wirtel c und somit die Spule wird in Umdrehung versetzt durch eine Schnur e, welche von einer durch die ganze Maschine laufenden Walze oder Trommel C kommt. Die Schnurtrommel hat an einem Ende auf der aus dem Gestell hervorragenden Achse eine lose und eine feste Riemscheibe, vermittelst welcher sie von der Betriebswelle aus die Bewegung erhält. Das Abgleiten der Schnüre von den Wirteln wird durch die Führungsstange m verhindert.

Das aufzuspulende Garn kann auch hier von Haspeln oder von größeren Spulen abgewickelt werden, und diese lassen sich mit ihren Achsen in die gabelförmigen Träger E,D legen, welche entweder auf der die ganze Maschine bedeckenden hölzernen, nach vorn pultähnlich geneigten Tischplatte stehen oder im unteren Theile der Maschine sich befinden. Das Garn geht dann, je nachdem es von unten oder von oben hergeführt wird, über die Führungsstange f oder g nach dem Fadenleiter n und der Spule. Dieser Fadenleiter ist eine für jede Spule besonders vorhandene 10 Centimeter lange runde eiserne Stange, welche rechtwinklig in dem Stücke o vernietet ist und mit diesem von der Maschine auf und nieder geführt wird. Zu diesem Zwecke ist das Stück o mit p, p mit q und q mit r verbunden, und zwar durch Gelenkbolzen mit Schrauben, um dem Fadenleiter durch Drehung um

diese Gelenke jede beliebige und durch Anziehen der Schraubenmuttern zu fixirende Stellung zu geben. Das Stück r bildet einen um den Bolzen bei F drehbaren Hebel, der eine auf den Fadenleiter n übergehende oscillirende Bewegung vermittelst der Stange Y von dem gleichfalls um einen Bolzen X schwingenden Hebel Z auf folgende Weise erhält. Auf der Schnurtrommel C befindet sich ebenfalls außerhalb des Gestells ein Zahnrad S mit 24 Zähnen, in welches ein zweites Zahnrad T mit 126 Zähnen eingreift, um die Bewegung auf ein drittes Zahnrad U mit 84 Zähnen zu übertragen. Auf der Achse dieses Zahnrades sitzt ferner ein Getriebe V mit 24 Zähnen, welches endlich das Rad W mit 84 Zähnen und dadurch eine auf der Achse des Rades W innerhalb des Gestells sitzende Herzscheibe L in Rotation versetzt. Auf dieser Herzscheibe ruht nun mit einer Friktionsrolle i das freie Ende des Hebels Z, so daß dieser bei der Drehung der Herzscheibe sich senkt und hebt. Diese Bewegung wird dann durch die eben angeführten Theile auf den Fadenführer n übertragen. Dabei wird der von dem Fadenführer n zurückgelegte Weg, in dem Verhältniß seiner Entfernung von dem Drehpunkte F zu der Entfernung der Friktionsrolle i von dem Drehpunkte X größer, wenn die Angriffspunkte der Stange Y mit den beiden Hebeln r und Z gleichweit von deren Drehpunkte liegen. Andererseits wird diese Wegeslänge verändert, wenn man einen dieser Angriffspunkte verlegt, und da diese Veränderung erwünscht ist, indem sie kleiner bei kürzeren Spulen und feinerem Garn sein muß, so ist die Stange mit den Hebeln auf solche Weise verbunden, daß man ihre Enden in Schlitzen verschieben kann.

Von Wichtigkeit ist natürlich die Form der Herzscheibe, weil davon die Art der Bewickelung abhängt. Sie wird bestimmt durch die Gestalt, welche die gefüllte Spule erhalten soll und läßt sich demnach leicht durch eine graphische Darstellung ermitteln. Im vorliegenden Falle, wo die Spule aus einem zylindrischen und einem konischen Theile besteht, wird sich, während der Periode wo der erstere bewickelt wird, der Aufwinder mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegen müssen, wogegen die Bewickelung des konischen Theiles abwechselnd eine beschleunigte (wenn sich der Fadenleiter der Basis des Kegels nähert) und eine verzögerte (wenn er sich dem Zylinder zuwendet) erheischt, wenn die fertig gewickelte Spule zylindrisch sein soll. Da die größte

Exzentrizität der Herzscheibe der größten Geschwindigkeit entspricht, so korrespondirt sie mit der Stellung des Aufwinders, d. h. beim höchsten Stande des Aufwinders muß die größte Exzentrizität vertikal über der Drehachse der Scheibe stehen.

Schließlich mag noch bemerkt werden, daß die Bremsung der Haspel auf dieselbe Weise durch Lederriemen und Gewichte geschieht, wie oben bei der anderen Maschine angegeben wurde. — Vor der Maschine her läuft eine in Gabeln gelegte Platte P als Schutzwehr. — Bei den gewöhnlichen Schußspulmaschinen ergeben sich, wie das aus dem Bisherigen leicht hervorgeht, häufig Schwierigkeiten, gewisse Garnsorten zu konischen Spulen für die Weberschützen zu verarbeiten, da der Fadenbruch oft zu bedeutend wird, indem mit dem Zunehmen des Spulendurchmessers die Spannung des Fadens größer wird, plötzlich aber abnimmt bei der Bildung der konischen Ansätze und dann wieder zunimmt, wodurch ein Wechsel entsteht, den das Garn nicht auszuhalten vermag.

Ashworth begegnet diesem Uebelstande dadurch, daß er den Spindeln eine variirende Geschwindigkeit gibt, nämlich eine langsamere wenn auf den größeren Durchmesser aufgewunden wird, und eine schnellere wenn der Faden auf die Spitze läuft. Er treibt die Spindeln durch Friktion, indem er an den vertikalen Spindeln nahe am unteren Ende statt der Schnurwirtel bloße Scheiben anbringt, welche auf anderen Scheiben aufruhen, die auf eine unter den Spindeln hinlaufende horizontale Welle aufgesteckt sind und bei der Umdrehung die Spindelscheiben durch Reibung mitnehmen. In demselben Maße wie sich der Fadenführer auf und nieder bewegt, wird nun der horizontalen Welle durch eine Herzscheibe eine hin- und hergehende Bewegung ertheilt, so daß der Berührungspunkt der Friktionsscheiben den Spindelachsen bald näher bald entfernter gerückt wird. Die Folge davon ist, daß wenn der Faden an der Basis des Kegels steht und also auf den größten Durchmesser sich aufwindet, die Friktionsscheiben der horizontalen Triebwelle am weitesten von den Spindelachsen abstehen, also auf den größten Durchmesser der Spindelscheiben wirken, und somit die Spindeln am langsamsten drehen; umgekehrt, wenn der Fadenführer der Kegelspitze zuläuft, nähern sich die treibenden Scheiben den Achsen der getriebenen. Die ganze Einrichtung gleicht also im

Prinzip derjenigen, welche man neuerdings bei dem Flyer der Baumwoll- und Flachsspinnerei angebracht hat.

Muir und Mac Ilwham bedienen sich noch eines anderen Mittels um die wechselnde Fadenspannung aufzuheben oder unschädlich zu machen. Sie bringen vor den Spindeln eine horizontale Welle an, welcher sie eine mit der Bewegung des Fadenführers korrespondirende oscillirende Bewegung ertheilen. Diese Welle besitzt nach oben zu gerichtete Arme, durch deren Enden eine lange Stange gesteckt ist, über welche sämmtliche nach den Spindeln laufende Fäden gehen. Da diese Stange natürlich an der schwingenden Bewegung der eben genannten Welle Theil nimmt, so entfernt sie sich von den Spulen wenn der Fadenführer der schwächeren Kötzerstelle zuläuft, und nähert sich denselben, wenn der Fadenführer das Garn nach dem größeren Durchmesser leitet. Die Stange fängt also gewissermaßen die etwa entstehende Schlaffheit der Fäden durch ihr Entfernen von den Spulen auf, oder mindert eine zu große Anspannung beim Aufwinden auf den großen Durchmesser durch ihre Annäherung an die Spulen, der die Fäden folgen können.

Dieselben Fabrikanten bringen an diesen Spulmaschinen auch eine Vorrichtung an, um eine Spule außer Thätigkeit zu setzen, wenn der Faden reißt oder die Bewickelung vollständig ist. Sie wenden konische Räder zum Treiben der Spindeln an, die aber nicht auf den Spindeln festsitzen, sondern durch Kuppelungen ausrückbar damit verbunden sind. Die Spindel selbst besteht aus zwei Theilen; der untere mit dem Triebrad zusammenhängende und in Lagern geführte Theil bildet eine Röhre, in welcher die eigentliche, ganz zylindrische Spindel steckt und darin auf und niedergleiten kann, und ein Stift in der Röhre und eine Nuth in der Spindel bewirken daß beide sich gemeinschaftlich drehen. Der obere Spindeltheil besitzt einen Bundring, auf welchen das Gabelende eines zweiarmigen Hebels wirkt, den wir hier mit C bezeichnen wollen, und dessen anderer Schenkel ein Gewicht trägt, wodurch die Spindel fortwährend gehoben und die auf ihr sitzende und aufzuwindende Spule stets in die darüber angebrachte festsitzende konische Formhaube eingepreßt wird. Neben der Spindel hängt von einem an der Formhaube angebrachten Seitenarme aus ein Hebel herab, den wir A nennen wollen und der unten einen Vorsprung hat um einen kleinen Gewichthebel B fest zu halten, der bei seinem Freiwerden

das untere Spindelrohr vermöge eines hieran befestigten Bundringes etwas hebt und somit die Kuppelung des vorher erwähnten konischen Rades auslöset. Hat nun der Kötzer seine volle Länge erreicht, so drückt ein Knopf an dem ihn fortwährend nach oben treibenden Hebel C auf einen Vorsprung am herabhängenden Hebel A, drängt diesen zurück und löset somit den kleinen Hebel B aus, der durch die Wirkung seines Gegengewichtes sich umdreht und das Spindelrohr hebt um den Spindelbetrieb abzustellen.

Um die Spindel im Falle eines Fadenbruches anzuhalten, ist in der Nähe der oscillirenden Welle, welche die Fadenspannung ausgleicht, ein kleiner Winkelhebel angebracht; der Faden geht durch ein Oehr in dem einen Arm dieses Winkelhebels und hält diesen Arm durch seine Spannung stets in vertikaler Richtung, während der andere Hebelarm horizontal steht. Der Drehpunkt des Winkelhebels befindet sich vorn an einem Gleitstück, dessen anderes Ende auf den herabhängenden Hebel A einwirkt. Auf der vorgenannten Welle zur Ausgleichung der Fadenspannung ist nun ein Daumen angebracht, der gleichzeitig mit der Welle oscillirt, und wenn Alles in Ordnung ist unter dem horizontalen Arm des Winkelhebels weggeht; ist aber der Faden gerissen und in Folge dessen der Winkelhebel vermöge seines Uebergewichtes in eine geneigte Stellung gekommen, so hakt sich der Daumen an einen Stift des horizontalen Winkelhebelarms, zieht den Winkelhebel sammt dem Gleitstück fort und löset dadurch den herabhängenden Hebel A aus, so daß der kleine Hebel B auch frei wird und die Kuppelung des konischen Spindeltriebrades ausrückt.

Die dritte Gattung der Spulmaschinen, die **Nähzwirn-Spulmaschine**, ist erst in neuester Zeit zu einer brauchbaren Vollendung gelangt, was nicht befremden kann, wenn man bedenkt, daß hierbei alle Funktionen von der Maschine ausgehen müssen, sofern diese mit der Handarbeit konkurriren soll. Diese Funktionen sind: das regelmäßige feste Aufwickeln einer **bestimmten** Garnlänge, das Glanzgeben, das Abschneiden des Garns, die Erzeugung eines Einschnittes in dem Spulenrand, das Einziehen des Garnendes in diesen Einschnitt und endlich das Auswechseln der Spulen.

Bis zu Anfang dieses Jahrhunderts wurde der Nähzwirn nur in Strähnen in den Handel gebracht, und erst 1814 führte James Carlile in Paisley das Aufwinden desselben auf Spulen ein. Man

bediente sich hierzu eines gewöhnlichen Spulrades und wickelte den Zwirn ohne Druck in unregelmäßigen Lagen auf die Spulen; den Glanz gab man durch Reibung mittelst eines Stückes Kattun während des Aufwindens. Um das Jahr 1830 brachte Georg Taylor, ebenfalls in Paisley, eine Spulmaschine in Gebrauch, die einen Fadenführer in Gestalt einer einspurigen Rolle zum Auflegen des Fadens auf die Spule besaß, welcher durch zwei Schrauben bewegt wurde. Diese Maschine, wenn sie so zu nennen ist, wurde die Grundlage der vollendeten Spulmaschine. Zunächst erhielt sie eine Verbesserung durch Ersatz der beiden Schrauben mittelst eines linken und eines rechten Gewindes auf einer und derselben Spindel und weil hierdurch eine bedeutende Annäherung an die später zu beschreibende Maschine entstand, so geben wir hier in Fig. 3 bis 7, Taf. 122, eine Abbildung derselben. Mit Ausnahme der in natürlicher Größe gezeichneten Fig. 6 und 7, sind die anderen Figuren in halber nat. Größe gezeichnet; dabei ist Fig. 4 die Seitenansicht, Fig. 3 die Vorderansicht Fig. 5,6,7, Details. Das Ganze besteht zunächst aus einem gußeisernen Kästchen A, mit einer zum Herausschlagen eingerichteten Vorderwand B und einem zum Aufklappen desgleichen um ein Scharnier drehbaren, mit Vorreiber versehenen Deckel C (beide in Fig. 3 weggelassen), wodurch man zu den im Innern liegenden Theilen gelangen kann. Dazu gehört zuvörderst die mit den zwei Schraubengewinden S und S' versehene Spindel, welche an einem Ende mit einem runden Zapfen, am andern Ende mit einem runden Halse in einer Oeffnung der Kästchenwand unterstützt ist. Am letzteren Ende, von wo aus die Spindel in das Kästchen gebracht wird und wo ein vorgeschraubtes Stück a dieselbe am Heraustreten verhindert, besitzt sie eine viereckige Verlängerung s zur Aufnahme der zu bewickelnden Holzspule R und der Kurbel K. Unterhalb der genannten Spindel liegt durch beide Wände hindurch gehend, und darin verschiebbar, eine runde Stange D. Am Ende dieser Stange ist der Hebel E festgenietet. Innerhalb des Kästchens sitzen auf dieser Stange angeschraubt (Fig. 5) zwei Stücke F und F', die vorn an derjenigen Stelle, mit welcher sie bei der Drehung von D die Spindel berühren, Muttersegmente, zu den Schrauben S und S' passend, tragen. Dieselben sind so gegeneinander gestellt, daß nur immer eins, entweder F oder F', mit der Schraube in Eingriff ist. Durch eine kleine Drehung der Stange kann man

diesen Eingriff beliebig wechseln. Nun ist aber die Schraube S' mit dem Muttertheile in F' eine Schraube mit rechtem, die Schraube S mit dem Muttertheile F eine Schraube mit linkem Gewinde: wenn daher bei gleicher Drehrichtung der Spindel vermittelst der Kurbel K abwechselnd F oder F' in Eingriff gebracht wird, bekommt auch D abwechselnd eine Verschiebung nach rechts oder links, und somit auch der Hebel E, welcher den Fadenführer trägt und zugleich zur Drehung von D dient. Der Fadenführer besteht aus dem Messingstück h, Fig. 6, welches durch die Schraube g mit E drehbar verbunden ist und aus dem mit h ebenfalls durch kleine Schrauben verbundenen Stahlstücke e. Das letztere hat den Zweck den Faden aufzuführen und gleichzeitig zu glätten. Es ist daher vorn an der Fläche, mit welcher es die Spule berührt, mit feinen Einkerbungen (Fig. 7), welche glänzend polirt sind, versehen und wird mit diesen stark gegen die Spule gedrückt. Der ganze Apparat wird mit Schrauben auf einem Tische angeschraubt, der gleichzeitig die Vorrichtung für die Aufnahme von Haspeln, resp. Spulen, besitzt. Die Manipulation mit demselben ist so einfach, daß eine weitere Erörterung überflüssig erscheint; ebenso wird es wohl kaum der Andeutung bedürfen, daß für jede Garnnummer besondere Schrauben, und die dazu gehörenden Theile F und F' sowie das Stück e vorhanden sein müssen.

Diese eben beschriebene Spulmaschine ist übrigens in etwas veränderter Anordnung noch viel im Gebrauch. Die Hauptveränderung liegt in der Anwendung von Elementarkraft zur Drehung der Spule. In diesem Falle wird eine größere Anzahl solcher Spulköpfe neben einander aufgestellt, und jeder Spulkopf durch Einrücken eines Friktionskuppelungsmuffs in einen entsprechend gestalteten Muff an der der Länge nach in der Werkbank liegenden Welle vermittelst eines Fußtrittes in Bewegung gesetzt. Jeder Spulkopf hat eine Person zur Bedienung, die das Befestigen des Garns an der leeren Spule, das Andrücken des Fadenführers an das Garn (was bei der letzten Lage zur Herstellung der Politur besonders kräftig geschehen muß), das Einschneiden des Randes und Einziehen des Garnendes in diesen Einschnitt, endlich das Auswechseln der Spulen verrichtet.

Nach vielen vergeblichen Versuchen ist es W. Weild in Manchester, wie es scheint vollkommen gelungen, eine Maschine zu konstruiren,

welche absolut selbstthätig alle zum Aufspulen erforderlichen Operationen ausführt.

Die Maschine ist, wie sich nicht anders erwarten läßt, ziemlich komplizirt und daher vollständig nur durch eine solche Anzahl von Detailzeichnungen zu erklären, daß uns leider dazu der Raum hier nicht geboten ist. Man findet sie übrigens ausführlich beschrieben in dem ausgezeichneten Werke: M. Aclan, Traité complet de la filature du coton. Paris 1865, Seite 650, wobei ein in dem Conservatoire des arts et métiers in Paris vorhandenes Exemplar als Grundlage gedient hat. Wir wollen übrigens versuchen in folgendem so gut wie dies ohne Zeichnungen möglich ist, ein Bild von der Maschine zu entwerfen.

Die Weild'sche Maschine steckt die leeren Spulen auf, führt während des Aufwindens den Zwirn zu, schneidet, nachdem 200 Yards aufgewickelt sind, eine Kerbe in den Spulenrand, befestigt dann den Zwirn in der Kerbe, schneidet ihn darauf ab, zieht die gefüllten Spulen ab und wiederholt diese Operationen ohne Zuthun eines Arbeiters.

Der Zwirn wird von einer großen Spule, die auf der Rückseite der Maschine aufgesteckt ist, abgezogen und vermittelst eines Fadenführers der Spule regelmäßig zugeführt. Die Spulen machen gegen 2000 Umdrehungen pro Minute. Die Fadenführer sitzen auf einer horizontalen Gleitstange und sind mit federnden Fingern versehen, durch welche der Zwirn durchgezogen wird, und die einen gleichmäßigen Druck auf den Faden ausüben, um dadurch zu bewirken, daß derselbe mit gleichförmiger Dichtigkeit aufgewickelt wird. Der Fadenführer hat bei der Stelle, wo der Faden ihn verläßt, einen um ein Kugelscharnier drehbaren Ansatz, welcher an seiner unteren Fläche mit einer Anzahl der Dicke des Fadens entsprechender Kerben versehen ist, mit welchen derselbe während des Aufwindens den gleichmäßigen Druck auf den Faden ausübt. Vermöge der Kugelgelenkverbindung nimmt auch der Faden, wenn er nach rechts oder links auf die Spule aufgelegt wird, schon am Fadenführer das Bestreben an, nach links oder rechts abzuweichen. Bei den gewöhnlichen Handspulmaschinen ist die Richtung der Kerbe im Fadenführer unveränderlich; daher kommt es, daß der Zwirn zwar beim Aufwickeln nach der einen Richtung geglättet wird, aber beim Aufwickeln nach der andern Richtung einem Einschneiden und Aufrauhen ausgesetzt wird.

Beim Aufwickeln der letzten Fadenlage wird der Fadenführer durch einen Daumen verhindert sich zu heben, und dadurch erhält der Zwirn den verstärkten Druck, welcher ihm das glänzende Ansehen ertheilt.

Die Längenbewegung der Fadenführer, durch welche der Faden über die ganze Länge der Spule gleichmäßig vertheilt wird, geht, wie bei den Handmaschinen, von einer link- und rechtgängigen Schraube aus, welche, ohne eine Achsenbewegung zu haben, zur Seite der Maschine liegt und während des Aufwindeprozesses nach gleicher Richtung umgetrieben wird. Die Gleitstange für die Fadenführer hat zwei Arme, von denen jeder mit dem Sektor einer Mutter versehen ist. Die beiden Muttersektoren liegen an den entgegengesetzten Enden der Schraube, und zwar gehört der eine der recht-, der andere der linkgängigen Schraube an. Durch eine schwingende Bewegung der Gleitstange wird die eine Mutter in und die andere außer Eingriff mit ihrem zugehörigen Schraubengewinde gesetzt und dadurch die Bewegungsrichtung nach jeder vollendeten Garnlage verändert. Diese schwingende Bewegung erhält die Gleitstange durch zwei flache Federn, welche parallel zu ihr am Gestelle befestigt sind und wechselweise gegen die obere und die untere Fläche eines an der Gleitstange befestigten Armes drücken; an den beiden Stellen, wo der Arm den Federdruck empfängt, ist er zu diesem Behufe mit schiefen Ebenen versehen. Geht die Gleitstange nach rechts, so wird die obere Feder gebogen, weil sie durch die schiefe Ebene an der oberen Armfläche nach oben gedrückt wird; gleichzeitig aber wird die untere Feder schlaff, weil die schiefe Ebene an der unteren Armfläche sich von ihr entfernt. Hat dann die Gleitstange ihren Weg vollendet, so hat die obere Feder so viel Uebergewicht gewonnen, daß sie dem Arm und der Stange selbst die erforderliche Schwingung ertheilt. Bei dem Rückgange nach links wird umgekehrt allmählich die untere Feder niedergebogen und die obere frei gemacht, bis nach beendigtem Rückgang die untere Feder die Kraft zur Umsteuerung gewonnen hat.

Der Arm zwischen den beiden Steuerfedern erhält seine Führung durch eine horizontale Platte, die sogenannte Formplatte, gegen welche er sich anlegt. Bei der Bewegung nach rechts lehnt sich der Arm gegen die obere Fläche der Platte und, wenn er am Rande

derselben ankommt, wird er durch die Kraft der oberen Feder niedergestoßen; darauf bewegt er sich an der unteren Fläche der Platte rückwärts nach links und wird nach vollendetem Rückgange durch die untere Feder wieder nach oben gedrückt. Die Formplatte ist so eingerichtet, daß die Größe der Längenbewegung, welche den Fadenführern ertheilt wird, in dem Maße, wie während der Bewickelung die Spulenränder (wegen der konischen Gestalt der Scheiben) entfernter von einander zu liegen kommen, allmählich zunimmt. Die Endflächen der Platte sind nach demselben Winkel, wie die Spulenränder abgeschrägt, und die Platte wird nach jedem Hin- und Hergange der Fadenführer durch ein Sperr-Rad ein wenig nach vorn bewegt. Die Folge hiervon ist, daß der Weg, welchen der Arm an der Formplatte durchläuft, mit jeder Fadenlage etwas länger wird, weil die Formplatte nach hinten zu auch länger wird und die Umsteuerung des Armes nicht eher erfolgen kann, als nachdem dieser am Rande der Formplatte angekommen ist. Während die letzte Fadenlage aufgespult wird, drückt die Formplatte einen Knaggen vor, welcher den Steuerarm faßt und, nachdem derselbe den Rand der Formplatte überschritten hat, nur die Hälfte der Schwingung zuläßt. Dadurch werden beide Muttern außer Eingriff mit ihren Schraubengewinden gesetzt und es hört mithin die Bewegung der Fadenführer auf. Während der Auswechselung der Spulen wird der Steuerarm durch den Knaggen in der Ruhelage festgehalten; sobald aber alles zur neuen Bewickelung fertig ist wird der Knaggen zurückgezogen. Dadurch wird der Arm frei und bringt sofort eine der Muttern mit ihrem Schraubengewinde in Eingriff.

Nach Aufwickelung der letzten Fadenlage wird sofort die Aufwindebewegung unterbrochen. Hierzu dient ein Lederriemen, welcher um eine Scheibe an der Triebwelle für die Aufwindung gelegt ist. Dieser Riemen wird plötzlich durch einen Hebel und einen Daumen so scharf gegen die Scheibe angezogen, daß die Triebwelle für die Aufwindung zum Stillstand kommt, und dieser Stillstand dauert so lange fort, bis das Befestigen der Zwirnenden und das Auswechseln der Spulen geschehen ist. Nach Unterdrückung der Aufwindebewegung schiebt sich ein dünnes Messer niederwärts und macht den Einschnitt in den Spulenrand; während des Einschneidens drückt eine an der Innenfläche des Messers befestigte Feder scharf gegen

die volle Spule, um sie an der Drehung zu hindern und den Faden vom Messer zurück zu halten. (Der Fadenführer ist schon vorher zurückgedrückt.) Darauf wird das Fadenende vermittelst eines Fingers und eines schneidigen Hakens in die Kerbe eingezwängt und abgeschnitten. Während die gefüllte Spule abgenommen und durch eine leere ersetzt wird, ist das Fadenende zwischen dem Haken und einer Federzange festgehalten.

Die Auswechselung der Spulen geschieht auf folgende Weise: Die Aufwindespindel und die Achse, an welcher sie befestigt ist, werden durch Exzentriks so weit zurückgezogen, bis die volle Spule in einen untergesetzten Kasten niederfällt. Darauf wird durch ein anderes Exzentrik ein kleines Gestell, welches die leere Spule enthält, in die Höhe gehoben und in eine solche Lage gebracht, daß die Spindel, welche nun wieder vorrückt, sich durch ihre Bohrung schiebt. Hiernach wird die Spule gegen einen Ansatz an der Spindel angedrückt, welcher mit Mitnehmern versehen ist, damit die Spule gezwungen wird, an der Bewegung der Spindel Theil zu nehmen. Das lose Fadenende wird zwischen die Spule und den Ansatz der Aufwindespindel hineingedrückt, und alles ist nun zum Wiederbeginn der Aufwindung fertig.

Die Fadenführer, welche ihre Wirksamkeit gegen die vollen Spulen mit dem größten Betrage ihrer Längenbewegung verlassen haben, müssen nun wieder in ihre Anfangsstellung zurückgeführt werden. Dieß geschieht durch eine bewegliche schiefe Ebene, welche gegen das Ende der die Fadenführer tragenden Gleitstange wirkt, durch welche Bewegung auch die Formplatte zurückgezogen wird. Darauf werden die Fadenführer gegen die Spulen niedergedrückt, die Bremse wird gelöst und die Aufwindevorrichtung von neuem in Thätigkeit gesetzt. Alle Bewegungen, welche zu dieser Umänderung der Stellung nothwendig sind, werden von der Maschine selbst durch Exzentriks hervorgebracht und es bleibt dem Bedienungspersonal nichts zu thun übrig, als die leeren Spulen in ihre Gestelle einzulegen, für neue Aufsteckspulen zu sorgen und zerrissene Fäden anzuknüpfen.

Die neue Maschine besteht aus sechs Köpfen, und füllt einen Satz in etwa 1 Minute, wobei auf jede Spule 200 Yards gerechnet sind; das Aufwinden nimmt ungefähr 54 Sekunden, das Auswech-

seln der Spulen 6 Sekunden in Anspruch. Mit Einrechnung der Stillstände bewickelt eine Maschine täglich bei zehnstündiger Arbeitszeit also 18 bis 20 Groß Spulen. Zur Bedienung ist eine Person erforderlich, an die noch dazu kein Anspruch auf Geschicklichkeit, wie beim Handspulen, gestellt zu werden braucht, indem die vorkommenden Handgriffe in wenigen Tagen erlernt sind. Auf einer Handmaschine kann eine Arbeiterin durchschnittlich 3 Groß täglich liefern, womit sie, da für das Groß 6 bis $7\frac{1}{2}$ Pence = 5 bis 6 Sgr. gezahlt werden, wöchentlich 9 bis 10 Schillinge = 3 bis $3\frac{1}{3}$ Thlr. verdient. Eine selbstthätige Spulmaschine mit 6 Köpfen verrichtet also die Arbeit von sechs Handspulern und es wird daher ganz abgesehen von dem Erforderniß der Geschicklichkeit, vermittelst dieser Maschine $\frac{5}{6}$ an Handarbeit gespart. Aber dieß ist nicht der einzige Vortheil der Maschine, sondern es liegt auch ein Vortheil in der Verminderung des Abfalls. Der Erfinder hat unter der Annahme, daß jährlich in England 300 — 400 Millionen Spulen bewickelt werden und dazu 3000 Menschen erforderlich sind, das jährliche Ersparniß an Tagelohn und Material auf 100,000 Pfd. Strl. berechnet. Im Mai 1861 waren in England bereits 30 solche Maschinen in Gang gekommen.

Die Länge des Fadens wird bestimmt durch die Zahl der Zähne an dem Sperr-Rad, durch welches die Formplatte vorgerückt wird, weil dadurch die Anzahl der Fadenlagen, woraus sich die Länge ergibt, regulirt wird. Eine geringe Veränderung in der Fadenspannung beim Aufwinden würde bei einer Fadenlänge von 200 Yards höchstens eine Differenz von 1 Yard erzeugen können; da aber der Druck während des Aufwindeprozesses stets derselbe bleibt, weil der Druck der Federn auf den Finger am Fadenführer, durch welchen der Faden geführt wird, vermittelst einer Stellschraube genau regulirt werden kann, so wird hier stets eine und dieselbe Länge aufgewunden werden, was bei den Handmaschinen nicht zu erreichen ist.

Zum Einschneiden der Kerben dienen Stahlscheiben von verschiedenen Größen für Kerben von $\frac{1}{6}$ bis $\frac{5}{8}$ Millimeter Breite, damit die Kerben genau der Garndicke entsprechend gemacht werden. Der Querschnitt der Kerben ist halbkreisförmig, um das Abreißen und Plattdrücken des Fadens in denselben zu vermeiden.

Der Betrieb dieser Maschine erfordert übrigens eine vollkom-

mene Gleichheit der Spulen in Gestalt und Größe. Die Spulen, welche für diese Spulmaschine wohl ohne Ausnahme von Holz und mehr oder weniger verziert, gebeizt u. s. w. sind (und zwar nimmt man am liebsten Birkenholz dazu) wurden zwar schon zu der Zeit, als die Maschine zuerst in Gang gebracht wurde, auf besonderen Spulendrehbänken, wie sie Clark in Glasgow 1846 erfand, verfertigt, allein erst später in der erforderlichen Vollendung dargestellt. Namentlich wurden nur nach und nach die verschiedenen Fabrikanten veranlaßt, nach einem gleichen Verfahren die Spulen-Größe und Gestalt zu bestimmen, um auch hierin eine Einigkeit zu erzielen. Wenngleich man durch Auswechselung der Formplatte in der Spulmaschine auch im Stande ist, die Maschine für jede beliebige Länge und Form der Spule einzurichten, so liegt doch ein großer Vortheil in einem bestimmten System für Größe und Form, indem man dadurch die Zahl der Formplatten beschränkt. Eine Prüfung vieler Spulenproben hat ergeben, daß die besten Dimensionsverhältnisse für Spulen folgende sind: Durchmesser der Ränder = $^3/_4$ der Länge; Durchmesser des mittleren Zylinders = $^3/_8$ der Länge = $^1/_2$ des Randdurchmessers; Länge des mittleren Zylinders = $^1/_2$ der ganzen Spulenlänge; Abschrägung an den Enden unter 45°, so daß die Dicke der übrigbleibenden Ränder in der Längenrichtung an jedem $^1/_{16}$ der Spulenlänge beträgt. Der Winkel von 45° ist außerdem der geeignetste für den Fadenführer und gibt auch den Spulenrändern die nöthige Haltbarkeit.

Zur Herstellung der Holzspulen wird das Holz zunächst in Streifen geschnitten, deren Dicke der Länge der herzustellenden Spulen entspricht; aus diesen Streifen werden die Klötzchen, aus welchen die Spulen gebildet werden sollen, durch eine Kronsäge herausgeschnitten, wodurch sie gleichzeitig die Zylindergestalt erhalten, und in der Länge durchbohrt. Hierauf werden sie der Drehbank übergeben, durch welche sie die gewünschte Gestalt und Länge erhalten, und, wenn sie verziert werden sollen, auf der Rändel- oder Prägmaschine vollendet. Eine mit allen Verbesserungen versehene Spulendrehbank liefert täglich 70 bis 80 Groß Spulen und bedarf zur Bedienung nur eines Knaben.

Dem Nähzwirn gibt man gern vor der Aufwickelung auf Spulen

eine Appretur, welche bezweckt, einmal die Entstehung der Rauhigkeit während des Nähens zu vermeiden, und dann die Möglichkeit herbeizuführen beim Spulen einen großen Glanz zu erzielen. Diese Appretur wird erhalten, indem man das Garn durch eine dünne Auflösung von arabischem Gummi, Leim, Hausenblase, oder eine gewöhnliche Stärkeschlichte zieht, in welchem letzteren Falle namentlich eine Maschine angewendet wird, die große Aehnlichkeit mit einer Schlichtmaschine hat.

E. Hoyer.

Stahl.

(Bd. XV. S. 306.)

Seit dem Erscheinen des XV. Bandes der Encyklopädie im Jahre 1847, in welchem Schafhäutl, der Verfasser des Artikels „Stahl", seine Ansicht von der chemischen Natur desselben zu begründen suchte, und außer Kohlenstoff noch Silicium als wesentlich nothwendigen Bestandtheil annahm, haben noch zahlreiche Untersuchungen sich mit dieser schwierigen Frage beschäftigt, ohne bis jetzt zu einem völlig abschließenden Resultate gelangt zu seyn.

Zuvörderst die Gegenwart des Siliciums anlangend, so haben vielfache Analysen in guten Stahlsorten keine Spur desselben nachgewiesen, wenn sich auch manche Stahlsorten nicht frei davon zeigten. So fand Bromeis im besten englischen Gußstahl von Sheffield kein Silicium, ebenso Karsten in 8 verschiedenen Sorten englischen und französischen Gußstahls; desgleichen konnte Luines in zwei Sorten Wootzkönig aus Konstantinopel, in zwei dergleichen aus Persien, einer von Aleppo, dann in ausgeschmiedetem orientalischen Damaststahl, in der Klinge eines großen indischen Dolchs, in einer persischen Klinge, in einer alten vergoldeten Damastklinge kein Silicium entdecken, während Damaststahl von Slatust nach Jvanoff 0,5 Proz., Wootz 0,6 Proz., und nach Henry indischer Wootz 0,043 Proz, ferner nach Karsten eine Sorte englischen Huntsmanstahls 0,05, andere Stahlsorten 0,04 bis 0,08 Proz. Silicium enthielten. Es scheint selbst nach neueren Beobachtungen der Siliciumgehalt nur nachtheilig auf die Beschaffenheit des Stahls einzuwirken.

Im Jahr 1846 wurde von Fremy durch vielfache, anscheinend schlagende Versuche gezeigt, daß Stahl ohne einen Gehalt an Stickstoff oder einen anderen Körper, welcher die Stelle des Stickstoffs vertrete, nicht existire. Zahlreiche Untersuchungen, an welchen Caron und Margueritte besonders sich betheiligten, traten zwar der Fremy'schen Ansicht entgegen, wichen aber unter einander darin ab, daß nach Caron zwar der fertige Stahl keinen Stickstoff enthält, daß aber zur Stahlbildung die Einwirkung von Cyanalkalimetallen Bedingung sei, während Margueritte zeigte, daß auch ohne solche durch bloße Einwirkung von Kohle, Stahlbildung erfolge.

Um die Gegenwart von Stickstoff im Stahl nachzuweisen, wurde schon von Fremy der Weg eingeschlagen, den Stahl im möglichst fein zertheilten Zustande zu glühen, dabei Wasserstoffgas hinüber zu leiten, und das so entstandene Ammoniak auf bekannte Art aufzufangen und zu bestimmen. Dasselbe Verfahren wandten Graham-Stuart und Wm. Baker an, wobei absolut reines und luftfreies Wasserstoffgas über den glühenden Stahl geleitet und dann mittelst des Will'schen Apparates auf Ammoniak geprüft wurde. Sie erhielten dabei höchstens eine Spur, in den meisten Fällen nicht einmal eine Spur Ammoniak. — Wenn nun auch manche Sorten Stahl und Eisen etwas Stickstoff enthalten mögen, wie schon vor mehr den 20 Jahren von Schafhäutl behauptet ist, daß manche Sorten Roheisen mit Kali geglüht, Ammoniak entwickeln, und daß der beste englische Gußstahl 0,18 Proz. Stickstoff enthalte; wenn ferner auch später von Bouis in einem Gußstahl $^1/_{5000}$ Proz., und von Boussingault $^7/_{100{,}000}$ eines Prozentes Stickstoff nachgewiesen sein mögen: so würden doch schon so außerordentlich kleine Mengen eher gegen als für die Fremy'sche Theorie sprechen. Auch Gruner hat sich mit Prüfung der Fremy'schen Behauptung in Beziehung auf Roheisen beschäftigt, welches nach Fremy ebenfalls Stickstoff enthalten soll. Er verwandte zu seinen Versuchen Spiegeleisen, weil nur aus diesem vorzugsweise Stahl dargestellt wird. Es wurden mehrere Pfunde desselben in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, und sowohl die Auflösung wie auch der kohlige Rückstand auf Stickstoff geprüft. Das in der Auflösung gefundene Ammoniak entsprach $^1/_{50{,}000}$ des Eisens, wogegen in dem Rückstande, der

nach Fremy stickstoffhaltig sein soll, kein Stickstoff entdeckt werden konnte.

Kann nun auch die Stickstofftheorie des Stahls als hinlänglich widerlegt angesehen werden, so weiß man doch längst, daß die Bildung des Stahls aus Stabeisen beim Zementiren durch die Gegenwart stickstoffhaltiger Verbindungen ungemein befördert wird. Auch diese Frage hat zu einem wissenschaftlichen Streit zwischen Caron und Margueritte geführt. Nach ersterem soll die Zementation des Eisens nur durch die Gegenwart von Cyanverbindungen, durch welche der Kohlenstoff an das Eisen übertragen wird, erfolgen, während Margueritte auch bei vollständigem Ausschluß von Cyan oder Stickstoff Eisen zu zementiren vermochte. Diese interessanten Versuche wurden theils mit käuflichem Eisendraht aus verschiedenen Bezugsquellen, den man zuvor in Wasserstoff glühete, theils mit chemisch reinem, aus oxalsaurem Eisen dargestellten und im reinen Wasserstoffgasstrom zusammengesinterten Eisen angestellt. Die Proben wurden dann in einem Strom reinen Kohlenoxydgases drei Stunden lang bei steigender Temperatur geglüht und zeigten sich sämmtlich, wie die folgende Zusammenstellung ergibt, zementirt.

1) Auf dem Gasroste; Temperatur, bei welcher Glas erweichte und schmolz (beginnende Kirschrothgluth).	Reines, fein zertheiltes Eisen. 1,239 Grm, nahmen um 0,083 Grm. zu, entsprechend 6,7 Proz. Kohlenstoff. Reines, zusammengesintertes Eisen. 0,664 Grm. nahmen zu um 0,010 Grm. entsprechend 1,5 Proz. Kohlenstoff. Sämmtliche Drahtstücke waren vollständig zementirt.
2) In einem Ofen ohne Kuppel. Aschenfallthüre halb geschlossen. Holzkohlenfeuerung; Hellkirschrothgluth.	Reines, fein zertheiltes Eisen. 2,439 Grm. nahmen um 0,160 Grm. zu, entsprechend 6,56 Proz. Kohlenstoff. Reines, zusammengesintertes Eisen. 1,424 Grm. nahmen um 0,014 Grm. zu, entsprechend 0,98 Proz. Kohlenstoff. Alle Proben zeigten sich vollständig zementirt.

3) In demselben Ofen ohne Kuppel, mit geöffneter Aschenfallthüre. Holzkohlenfeuerung. Dunkelorangegluth. (Silberschmelzhitze.)	Reines, fein zertheiltes Eisen. 2,482 Grm. nahmen um 0,030 Grm. zu, entsprechend 1,21 Proz. Kohlenstoff. Reines, zusammengesintertes Eisen. 0,938 Grm. nahmen um 0,0065 Grm. zu, entsprechend 0,69 Proz. Kohlenstoff. Sämmtliche Drahtstücke, von 3,5 Millim. Durchmesser vollständig zementirt.
4) In demselben Ofen mit aufgesetzter Kuppel. Koksfeuerung. Hellorangegluth. (Kupferschmelzhitze.)	Reines, zusammengesintertes Eisen. 0,982 Grm. gaben eine Gewichtsvermehrung von 0,005 Grm.; entsprechend 0,51 Proz. Kohlenstoff. Sämmtliche Drahtstücke von 3,5 Millim. Durchmesser waren vollständig zementirt.

Es ist ferner Margueritte gelungen, auch durch Diamantstaub Eisen zu zementiren, und wenn Percy die Zementation mittelst Kohlenoxyds nicht hat gelingen wollen, so kann der Grund davon nur in der geringen Menge des Kohlenoxyds (2/3 Liter in 3 Stunden, oder der zu niedrigen Temperatur zu suchen sein, denn nachdem von St. Claire-Deville die Zersetzbarkeit des Kohlenoxydgases bei höherer Temperatur unter Abscheidung von Kohlenstoff nachgewiesen worden, und Percy selbst Eisen durch Zucker- (also stickstofffreie) Kohle zementiren konnte, so ist kein Grund zu finden, warum nicht auch die aus dem Kohlenoxyd sich abscheidende Kohle im Stande sein sollte, die Zementation des Eisens zu bewirken. Die letztgenannten Percy'schen Versuche bestanden darin, daß zwei Stabeisenlamellen gleichzeitig in ein schwerschmelzbares Glasrohr, beide durch Asbestpfropfen von einander getrennt, gebracht wurden. Die untere Lamelle wurde mit Zuckerkohle, die bei schwacher Rothglühhitze bereitet war, umgeben, die andere höher liegende nicht; das Rohr nun zum Glühen gebracht, und während mehrstündigen Rothglühens ein Strom reinen Wasserstoffgases hindurch geleitet. Beide Lamellen zeigten sich, obwohl die mit der Kohle in unmittelbarer Berührung gewesene stärker, zementirt. Hier muß sich aus der Kohle und dem Wasserstoff Kohlenwasserstoff gebildet und dieser den

Kohlenstoff an das Eisen wieder abgesetzt haben. Als derselbe Versuch mit einer Zuckerkohle wiederholt wurde, welche vorher der Temperatur des schmelzenden Roheisens ausgesetzt war, fand bei beiden Lamellen keine Zementation statt. Daß bei diesem Versuch die durch hohe Temperatur stark verdichtete Kohle vom Wasserstoff nicht angegriffen, mithin auch nicht an die freiliegende Lamelle abgegeben werden konnte, ist sehr begreiflich; wenn aber selbst Diamant (nach Margueritte) und Graphit (nach Jullien) zementirend wirken, so kann das negative Resultat bei Anwendung der Zuckerkohle nur auf Rechnung zu geringer Hitze gesetzt werden.

Ist nun auch durch die hier aufgeführten und noch viele andere Versuche die Möglichkeit der Zementation auch bei völligem Ausschluß von Stickstoff hinlänglich erwiesen, so widerstreitet dem keineswegs die anerkannte Thatsache, daß durch Gegenwart stickstoffhaltiger, besonders cyanhaltiger Verbindungen der Prozeß außerordentlich befördert werden könne.

Auch Stahlschmidt in seinen kritischen Beiträgen zur Kenntniß des Stickstoffeisens spricht sich entschieden gegen den Stickstoffgehalt im Stahl und Eisen aus. Seine ausführlichen Untersuchungen führen zu dem Ergebniß, daß es für jetzt an Beweisen für das Vorhandensein des Stickstoffes im Stahl und Eisen fehlt, und daß auch die Nothwendigkeit stickstoffhaltiger Körper bei der Stahlbildung sich nicht beweisen lasse, wenn auch die Gegenwart flüchtiger Cyanverbindungen äußerst vortheilhaft einwirke.

Die von Zander über die Konstitution des Stahls aufgestellten Ansichten, daß die Stahlsorten sehr komplizirt zusammengesetzte, noch lange nicht hinreichend erforschte Eisensorten sind, nämlich Gemenge verschiedener chemischer Verbindungen des Eisens und seiner Vertreter, (Mangan, Nickel, Wolfram) mit Metalloïden, unter welchen der Kohlenstoff die Hauptrolle spiele; daß aber dieser letztere auch durch Elemente folgender drei Gruppen: 1) Silicium, Bor; 2) Stickstoff, Arsen, Antimon, Phosphor; 3) Schwefel vertreten werden könne, verdienen kaum registrirt zu werden, da sie sich nicht auf direkte Versuche gründen.

Die Hauptfrage ist jedenfalls die: Können Eisen und Kohlenstoff, ohne jedwede fremde Beimischung verbunden, Stahl bilden? Es ist für jetzt kein durchschlagender Grund, die Frage zu verneinen,

weshalb man sie bejahend beantworten kann. Daß aber durch die Gegenwart des einen oder anderen der vorhin aufgeführten Stoffe die Eigenschaften theils in günstigem, theils in ungünstigem Sinne abgeändert werden können, ist sehr begreiflich; doch sind die Erfahrungen hierüber höchst mangelhaft, und theilweise widersprechend.

Stahlfabrikation.

Zu den im Hauptwerke bereits abgehandelten Methoden der Stahlbereitung sind seitdem nicht nur neuere hinzugekommen, sondern es hat auch das dort, weil erst im Entstehen begriffene, nur kurz erwähnte Stahlpuddeln bedeutenden Aufschwung genommen.

Als Erfinder desselben ist der schon im Hauptwerke als solcher anerkannte Königl. bayerische Hüttenmeister Franz Xaver Schmid zu nennen, welcher auch schon die zum Gelingen nöthige Bedingung eines möglichst hohen Hitzgrades, wie sich solcher im Ofen nur hervorbringen ließ, erkannte. Dennoch gelang es weder ihm, noch bald darauf dem Hüttenverwalter Schlegel und dem Manipulationsverwalter Müller zu Frantschach in Kärnthen, die am 4. November 1839 ein Patent erhielten, obwohl sie die dem Stahlpuddeln zu Grunde liegenden Bedingungen richtig erkannten, die Schwierigkeiten zu überwinden, die sich einem gleichmäßigen sicheren Betriebe, und der Erzeugung eines brauchbaren, verkäuflichen Stahls entgegenstellten.

Nicht günstiger waren die Resultate ziemlich um dieselbe Zeit in Siegen 1839, zu Eibiswald, zu Hagen 1840, und an anderen Orten angestellter Versuche, welche alle an der Schwierigkeit oder Unmöglichkeit scheiterten, Produkte von gleichmäßiger Beschaffenheit zu erzielen. Erst später, 1847 bis 1849, kam Gustav Bremme sen. zu Unna in Westphalen bei Versuchen über das Adouciren des Roheisens zu der Ueberzeugung, daß das Adouciren einen Weg zeige, auf welchem aus Roheisen direkt Stahl erzeugt werden könne. Versuche, in Gemeinschaft mit dem Chemiker Lohage aus Unna angestellt, ergaben jedoch ungenügende Resultate, bis Bremme, die Methode des Adoucirens als untauglich erkennend, sich dafür erklärte, das Roheisen im flüssigen Zustande zu entkohlen, um so die Unreinigkeiten des Roheisens zu entfernen, und vorschlug, ein wirkliches Puddelverfahren anzuwenden. Um diese Zeit, im Herbst 1849, besuchte E. Riepe, Chemiker aus London, Hrn. Lohage,

der denselben mit Bremme und dessen Versuchen bekannt machte, die auf dem Eisenwerk der Herren Lehrkind, Falkenroth & Comp. zu Haspe bei Hagen ausgeführt wurden. Lohage und Riepe, welche bei den späteren Versuchen auf diesem Werke die alleinige Aufsicht führten, und sich von der Idee des Adoucirens nicht trennen konnten, empfahlen den Puddlern, die möglichst niedrige Hitze zu geben und die Kirschrothgluth möglichst wenig zu überschreiten. Um das auf diesem fehlerhaften Wege gewonnene faulbrüchige Eisen zu verbessern und den zu sehr verbrannten und entkohlten Theilen wieder Kohlenstoff zuzuführen, setzten sie nach einem gewissen Zeitraum eine Quantität Spiegeleisen zu, wodurch die Massen wieder flüssig genug wurden, um sich mit dem Puddelhaken verarbeiten zu lassen, und ein Produkt erzielt wurde, das dem Rohstahle ähnlich sah, ohne daß man aber je mit Sicherheit auf Erfolg rechnen durfte. Leider konnte der durch Kontrakte gebundene Bremme nicht durchdringen und die meisten der von der Firma Lohage, Bremme & Comp. kontrahirten Geschäfte in verschiedenen Ländern scheiterten an der Unausführbarkeit des von Lohage und Riepe modifizirten Prozesses. An vielen Orten jedoch setzte man die Adoucirungstheorie bei Seite und fing an, bei höherer Temperatur zu puddeln und so brach sich auch in Haspe die Bremme'sche Ansicht Bahn, in Folge dessen bedeutende Quantitäten brauchbaren Puddelstahls gewonnen wurden, den man zum Raffiniren an die Raffinirschmiede absetzen konnte. Nach diesen günstigen Ergebnissen suchte die Gesellschaft Lohage, Bremme & Comp. sich ihr Verfahren in den verschiedenen Ländern durch Patente zu sichern und kontrahirte mit mehreren Fabrikanten wegen der Einführung des Verfahrens. Aber theilweise wohl durch die mangelnde Uebung, theilweise, wie es scheint, durch die Anhänglichkeit Lohage's an seine Kirschrothglühhitze, der die von der Gesellschaft delegirten Techniker, welche selbst der so nöthigen Praxis entbehrten, seiner Theorie gemäß instruirte, wurde, trotzdem daß Haspe das Gegentheil bewies, wieder bei Kirschrothglühhitze gepuddelt. Die schlechten Resultate verbreiteten Mißtrauen gegen die Erfindung und hatten in den meisten Ländern die Aufhebung der Kontrakte zur Folge. Bei der Wichtigkeit der Sache für England war auch dort 1850 ein Patent genommen und Riepe, als Ansässiger in England, wurde von der Compagnie beauftragt,

das Patent auf seinen Namen zu nehmen, in welchem Patente wieder die Kirschrothglühhitze ausdrücklich vorgeschrieben wurde. Aus diesem Grunde gilt in England Riepe irrthümlich für den Erfinder des Stahlpuddelns. Lohage und Riepe leiteten die ersten Probeversuche auf dem Werk zu Low-Moor, erzielten aber so mangelhafte Resultate, daß die dortige Gesellschaft die Sache als untauglich aufgab. Nachdem in Folge der wiederholt fehlgeschlagenen kostspieligen Versuche sich die Gesellschaft Lohage, Bremme & Comp. aufgelöst hatte, veranlaßte Bremme, daß ein neues Patent im Januar 1854, welches aber Weißglühhitze oder die höchste im Puddelofen erreichbare Hitze verlangte, genommen wurde. Die Versuche wurden nun mit bestem Erfolg gekrönt und sehr bald fabrizirte das Geschäft von Thomas Firth & Sons in Sheffield große Quantitäten Puddelstahl nach Bremme's Verfahren. Die Inhaber des alten Patentes aber erhoben eine Klage wegen Eingriffs in ihre Patentrechte. Sie wurden zwar mit ihrer Klage abgewiesen, jedoch ließ es das vom Gerichtshofe gefällte Urtheil dahingestellt, ob Bremme's Patent, welches unter dem Namen Brooman genommen war, den Vorzug habe, und da es nun eines bedeutenden Kapitals bedurft hätte, die Gültigkeit von Bremme's Patent gegen Eingriffe zu schützen, so zog es Bremme vor, dasselbe fallen zu lassen.

Seitdem ist nun das Stahlpuddeln öffentliches Eigenthum geworden und hat sich, wenn auch weniger in England, um so mehr auf dem Kontinent verbreitet; doch auch in England ist der Puddelstahl als Feinkorneisen zum Zweck der Gußstahlfabrikation, wozu man früher nur schwedisches und anderes ausländisches Eisen verwenden konnte, also als Konvertireisen, tauglich befunden und vielfach in Anwendung gekommen.

Den kolossalen Aufschwung der Stahlindustrie in den letzten Dezennien verdankt man zunächst dem Puddelprozeß, welcher zuerst durch die Anwendbarkeit von Steinkohle, Braunkohle, Generatorgasen und anderen billigen Brennstoffen statt der beim alten Stahlfrischen nur zulässigen Holzkohle, eine wohlfeilere, massenweise Stahlerzeugung gestattete, freilich nur, um später wieder einem siegreichen Konkurrenten, dem Bessemer-Prozeß, theilweise das Feld zu räumen. Während aber dieser letztere in den meisten Fällen ein Produkt erzeugt, welches ziemlich die Mitte hält zwischen Stahl und Eisen

und, trotz seiner übrigen guten Eigenschaften, doch kaum den Namen „Stahl“ verdient und für jetzt noch mehr an die Stelle des Schmiedeisens als an die des Stahles tritt, ist das Puddeln vollkommen geeignet, einen eigentlichen, gut härtbaren Stahl, wenn auch nicht von erster Qualität, zu liefern. Ob freilich bei den raschen, auch qualitativen Fortschritten des Bessemerns die Puddelmethode auf eine längere Zukunft Aussicht habe, steht sehr dahin.

Das Stahlpuddeln, wenn auch im Wesentlichen auf denselben Grundsätzen und Verfahrungsarten wie die Darstellung des Schmiedeisens im Puddelofen beruhend, weicht natürlich darin ab, daß die Entkohlung des Roheisens früher unterbrochen werden muß. Hierin aber liegt die große Schwierigkeit, welcher eben die früheren Versuche ihr so häufiges Mißlingen verdankten: denn das Grenzstadium der Entkohlung, welches nicht überschritten werden darf ohne die Eigenschaften des Stahls zu vernichten und ein stahlartiges Schmiedeisen an seine Stelle treten zu lassen, ist schwer genau inne zu halten, weil gerade in diesem Stadium die Entkohlung so leicht fortschreitet, daß sie nur zu gern die Grenze überspringt. Es erklärt sich hieraus die früher vorherrschende Tendenz, vorsichthalber einen möglichst niedrigen Hitzgrad anzuwenden, um so das richtige Stadium besser beobachten und innehalten zu können. Aber dem diametral entgegen hat sich, wie schon erwähnt, die Erfahrung für eine möglichst hohe Temperatur entschieden. Bei einer solchen nämlich kommt das Roheisen in vollständigen Fluß, trennt sich von dem ebenfalls auf dem Herde befindlichen Entkohlungsmittel, der Schlacke, die ihrerseits sich auch im dünnflüssigen Zustande befindet, und gelangt selbst beim Rühren damit bei weitem nicht in so vielfache Berührung als bei niederer Temperatur, wo das Eisen nur erweicht, sich zu einzelnen Körnern zertheilt und, in diesem fein zertheilten Zustande mit der nur breiartig erweichten Schlacke innig gemengt, derselben eine außerordentlich große Berührungsfläche darbietet, wie dieß beim Schmiedeisenpuddeln zur Beschleunigung der Arbeit nur erwünscht sein kann. Die von Einigen aufgestellte Annahme, daß die Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoff bei hoher Temperatur sich vermindere, um dadurch die langsamere Entkohlung zu erklären, dürfte sich schwerlich beweisen lassen.

Ein zweites Mittel zur Verzögerung des Prozesses besteht in

der Anwendung solcher rohschmelzigen Roheisensorten, welche bei einem möglichst großen Gehalt an Kohlenstoff möglichst geringe Mengen Silicium, Phosphor und Schwefel enthalten, dünn einschmelzen, sich nur schwer oxydiren und langsam entkohlen. Sehr günstig wirkt erfahrungsmäßig ein Mangangehalt des Eisens. Man gibt daher beim Stahlpuddeln dem aus manganhaltigem Spatheisenstein gewonnenen Spiegeleisen, den blumigen Flossen, sowie auch dem gaaren, bei Holzkohlenfeuer erblasenen grauen Roheisen den Vorzug, obwohl auch mit Kokes dargestellte Roheisensorten, wenn sie manganhaltig, dagegen wenig durch Silicium, Phosphor und Schwefel verunreinigt sind, besonders in England, häufig Verwendung finden. Der Nachtheil der zuletztgenannten Verunreinigungen liegt darin, daß sie beim Stahlpuddeln, dem Kohlenstoff entsprechend, nur theilweise aus der Verbindung treten.

Als ein fernerer Unterschied zwischen Stahl- und Eisenpuddeln ist die Beschaffenheit der Schlacke anzuführen, die, in glühend geschmolzenem Zustande auf dem Herd ein Schlackenbad bildend, durch ihren Gehalt an Eisenoxydul die Entkohlung des von ihr bedeckten Metalls bewirkt. Während man beim Eisenpuddeln einer mehr basischen (mehr oxydulhaltigen) zähflüssigen Schlacke den Vorzug gibt, weil sie sich eben der zähen Beschaffenheit wegen besser mit den, ebenfalls nur erweichten Theilen des Roheisens mischt und demnach rascher wirkt, sucht man beim Stahlpuddeln eine mehr Kieselsäure haltende, weniger oxydirende, aber möglichst dünnflüssige Schlacke zu erzielen, welche trotz des so hohen Hitzgrades eine langsamere Wirkung hervorbringt. Schließlich bietet das Stahlpuddeln noch die Abweichung dar, daß, sobald sich nach fortgesetztem Rühren das Metall durch das Zusammenballen der Theile schweißbar zeigt, man sofort durch das Schließen der Klappe auf der Esse den Zug unterbricht, dadurch die Hitze im Ofen mindert und nun so rasch wie möglich zum Luppenmachen und zum Zängen der Luppen schreitet. Dieses letztere muß vorsichtig, besonders im Anfange bei leichten Hammerschlägen, und erst nach und nach, so wie sich die Luppe mehr und mehr verdichtet, mit kräftigeren Schlägen erfolgen.

Die Abweichungen in der Konstruktion des Ofens von der des Eisenpuddelofens bezwecken sämmtlich die Erzielung eines höheren Hitzgrades. Dahin gehört 1) ein kürzerer Herd; 2) ein verhältniß-

mäßig größerer Rost; 3) ein weiterer Fuchs und 4) ein hoher Schornstein.

Nach Gruner läßt sich das folgende Verhältniß der Dimensionen von Eisen- und Stahlpuddelöfen annehmen:

	Eisenpuddelofen	Stahlpuddelofen
Länge des Herdes . .	6 Fuß bis 6 F. 4 Zoll	5 Fuß
Verhältniß der Rost- zur Herdfläche	1 : 2,5	1 : 2
Verhältniß der Fuchs- zur Rostfläche . . .	0,06 bis 0,08 : 1	1,10 : 1
Höhe der Feuerbrücke über der Sohlplatte . .	10 bis $10^1/_2$ Zoll	$10^1/_2$ bis $15^1/_2$ Zoll.
Stärke der Schlackensohle	3 bis 4 Zoll	$4^1/_2$ bis 5 Zoll.
Höhe des Schornsteins	40 bis 50 Fuß	40 bis 50 Fuß.

Auf Taf. 124, Fig. 1 und 2 ist der zu Lohe im Siegenschen gebräuchliche Stahlpuddelofen für Steinkohlenfeuerung dargestellt. Einer näheren Erläuterung der Zeichnung wird es nicht bedürfen.

Nach Lan gibt man im Loire-Departement den Stahlpuddelöfen die folgenden Dimensionen:

Sohle 57 bis 61 Zoll Länge; 51 bis 53 Zoll Breite,
Rost 34 bis 38 „ „ 34 „ „
Große Feuerbrücke $9^1/_2$ bis 13 Zoll Länge, 27 bis 29 Zoll Breite,
Kleine „ 13 bis 15 „ „ 0,35 bis 0,40 „ „
Breite des Fuchses 13 bis 15 Zoll,
Höhe des Gewölbes über dem Rost 23 bis 28 Zoll,
„ der Brücke „ „ „ 13 bis 19 „
Höhe der Oberfläche der beiden Feuerbrücken über der gußeisernen Ofensohle 13 bis 15 Zoll,
Dicke der Schlackensohle 4 bis 6 Zoll,
Tiefe der Schlackensohle unter der Feuerbrücke 10 Zoll,
Tiefe der Sohle unter der Schwelle der Arbeitsthür 8 bis 10 Zoll,
Höhe des Gewölbes über der Sohle in der Axe der Arbeitsthür 25 bis 27 Zoll,
Höhe des Gewölbes am Fuchs 21 bis 23 Zoll.

Die Bedingung einer möglichst hohen Temperatur beim Stahlpuddeln hat dem Siemens'schen Wärmeregeneratorofen auch in diesem Zweige der Eisenindustrie Eingang verschafft. So waren

auf der internationalen Ausstellung in Paris 1867 von Gregorini in Lovere Proben von Puddelstahl ausgestellt, welcher im Siemens'schen Wärmeregenerator dargestellt, von so guter Beschaffenheit sein soll, daß die Bergbohrer für den Tunnelbau am Mont Cenis aus ihm angefertigt werden. —

Soll ein Puddelofen in Betrieb gesetzt werden, so beginnt man damit, auf dem gemauerten Herdboden den Herd zu machen, indem man ihn mit zerkleinerter Gaarschlacke, Hammerschlag und Abfällen von verbranntem Eisen 5 Zoll hoch bedeckt und diese Masse bei mehr und mehr gesteigerter Hitze erweicht und festdrückt. Da dieser Herd während des Puddelns nicht zum Schmelzen kommen darf, ist es wesentlich, sehr strengflüssige Materialien dazu zu verwenden. Zweckmäßig erweiset es sich, nicht gleich mit Stahlpuddeln zu beginnen, sondern, um den Ofen in regelmäßigen Gang zu bringen, erst einige Chargen auf Schmiedeisen zu puddeln.

Das Stahlpuddeln selbst zerfällt in folgende 5 Perioden:

1) Das Chargiren. Gewöhnlich ist es nöthig, den von der vorhergehenden Operation übermäßig erhitzten Herd, damit er nicht zum Schmelzen komme, etwas abzukühlen. Man pflegt daher wohl etwas Wasser auf den Herd zu gießen, doch reicht gewöhnlich die Abkühlung hin, welche durch das in zerschlagenen Platten von 1½ Zoll Dicke im Gesammtgewicht von 3½ Ztr. auf den Herd gebrachte Roheisen entsteht. Das beim Eisenpuddeln wohl übliche Verfahren, die für die nächste Operation bestimmte Charge auf der Fuchsbrücke vorzuwärmen, hat sich beim Stahlpuddeln nicht bewährt, denn es werden dadurch die Flossen oberflächlich oxydirt (abgebraten), bekommen Schalen und Neigung zum Weichgang, woraus Unsicherheit für den demnächstigen Entkohlungsprozeß resultirt, der ja nicht durch die Luft, sondern durch die Schlacke erfolgen soll.

2) Das Einschmelzen des Eisens muß möglichst rasch und gleichmäßig in Zeit von 40 bis 50 Minuten erfolgen. Währenddem setzt man, der Beschaffenheit des Roheisens entsprechend, zur Vermehrung der von der vorhergehenden Operation noch vorhandenen Schlacke solche Zuschläge zu, welche ihren Gehalt an Eisenoxydul, also ihre entkohlende Wirkung vermindern und zugleich ihre Schmelzbarkeit und Dünnflüssigkeit erhöhen, z. B. Thon, Quarz, Schweißofenschlacke; doch kann es unter Umständen sich auch nöthig zeigen,

durch Zuschläge von Gaarschlacke, Zängeschlacke oder selbst Hammerschlag die entkohlende Wirkung zu steigern. Die richtige Beurtheilung des einen oder andern Zuschlags erheischt große Erfahrung und Aufmerksamkeit von Seiten des Hüttenbeamten. Zur Erhöhung der Leichtflüssigkeit und (vermeintlich) zur Reinigung gibt man Zuschläge von Braunstein oder Kochsalz oder das Schafhäutl'sche Pulver, (3 Th. Braunstein, 6 Kochsalz und 1 Thon). Das flüssige Schlackenbad muß jedenfalls, besonders gegen das Ende der Operation, eine solche Tiefe besitzen, daß es das darin liegende Eisen gegen die direkte Einwirkung der Luft schützt und auch während des Gaarens möglichst bedeckt hält.

3) Das Rühren und Aufkochen, übrigens wie beim Eisenpuddeln, geht aber langsam von statten und bedingt bis zum höchsten Stand des Satzes, d. h. bis zu dem Punkt, wo das Anschwellen (Aufkochen) des Metalles seinen höchsten Grad erreicht hat, eine Zeit von 45 bis 50 Minuten (beim Eisenpuddeln nur 30 bis 35 Minuten).

4) Das Gaaren, wobei, bei geschlossener Essenklappe und rauchiger Flamme, die Entkohlung unter allmählichem Sinken des Metalls, obwohl langsamer als beim Rühren, noch fortschreitet und zugleich der Arbeiter die Herdansätze, nämlich die an den Seitenwänden des Ofens angeschmolzenen Massen loszubrechen und durch Zusammenschieben das Schweißen derselben einzuleiten sucht. Das Gaarmachen erfordert besondere Geschicklichkeit und wird allein vom Meister ausgeführt Es erfolgt in Zeit von 20 bis 25 Minuten.

5) Das Luppenmachen unterscheidet sich von dem beim Eisenpuddeln nur darin, daß man rascher zu Werke geht um die noch fortwährende entkohlende Reaktion zwischen Schlacke und Stahl möglichst zu beschränken, auch kleinere Luppen von etwa 40 Pfd. macht. 10 Minuten müssen genügen, um alle Luppen im Ofen fertig zu bringen, bevor man zum Zängen schreitet; doch ist es auf einigen Werken gebräuchlich, jede Luppe, so wie sie gemacht ist, sofort unter den Zänghammer zu bringen.

Die ganze Zeitdauer vom Einschmelzen bis zur Beendigung des Luppenmachens beträgt 115 bis 130 Minuten, oder durchschnittlich 2 Stunden. Man verbraucht auf 100 Pfd. Luppenstahl bei Anwendung guter Steinkohle 125 bis 130 Pfd., bei geringeren Kohlen-

sorten 140 bis 160 Pfd., und mit Einrechnung des nachherigen Anwärmens im Schweißofen gegen 190 Pfd. Als Abgang können 6 bis 9 Pfd., mit Einschluß des Schweißens aber 15 bis 20 Pfd., angenommen werden. In einem Puddelofen der angegebenen Dimensionen werden in 12 Stunden 18 bis 20 Ztr. gezängten, oder 16 bis 19 Ztr. geschweißten und ausgewalzten Stahls fertig gemacht. Hält man hiergegen die Stahlbereitung im Frischfeuer, welche z. B. nach der Siegen'schen Methode in 8 Stunden nur 4 Ztr., in Oberschlesien und Westfalen in eintägiger Arbeitszeit nur 4⅙ Ztr.; nach der steirischen Rohstahlarbeit in 2 zusammengehörigen Feuern in 16 Stunden etwa 12 Ztr., also in jedem einzelnen 6 Ztr. beträgt, und berücksichtigt den von Jahr zu Jahr steigenden Preis der Holzkohlen, welche ja allein im Frischfeuer benutzt werden können, so ergibt sich der außerordentliche Vortheil der Puddelmethode, besonders wo es sich um massenweises wohlfeiles Produziren handelt.

Zum Anwärmen der gezängten Luppen oder Masseln dienen entweder besondere Schweißöfen, ähnlich den Schmiedefeuern, aber größer, oder auch der Puddelofen, wobei man, bei geöffneter Klappe, die Luppen in das flüssige Schlackenbad einlegt und sie darin fleißig umwendet. Dieses Anwärmen dauert gegen eine halbe Stunde. Es folgt darauf das Ausschmieden unter dem Hammer oder Auswalzen im Walzwerk zu Rohstahlstäben, die dann durch Raffiniren veredelt werden. Die Ungleichförmigkeit, der Hauptfehler an welchem der Puddelstahl zu leiden pflegt, läßt sich durch Umschmelzen, also durch Umwandlung in Gußstahl, vollständig heben. So wird auf der Königshütte am Harz aus weißem, in Gittelde erblasenem Holzkohlenroheisen ein Puddelstahl erzeugt, der, unter dem Hammer gezängt, ausgeglüht, dann ausgewalzt, sortirt und im Uslar'schen Gußstahlwerk mit Schmalkalder Stahl zusammen zu einem vorzüglichen Gußstahl verarbeitet wird.

Feinkorneisen. Die Erfindung des Stahlpuddelns hat noch zu einem gewissermaßen neuen Zweige der Eisenindustrie, der Darstellung des Feinkorneisens, geführt. Feinkörniges, hartes, dem Stahl sich näherndes Stabeisen ist schon seit langer Zeit bekannt, wie namentlich das berühmte schwedische Eisen zum großen Theil dieser Kategorie angehört. Das gegenwärtig durch den Puddelprozeß dargestellte Feinkorneisen nähert sich noch um einen kleinen

Schritt weiter dem Stahl, indem es sich, obwohl nur durch Anwendung sehr starker Glühhitze vor dem Ablöschen, härten läßt. Dasselbe wird, namentlich in westfälischen Eisenhütten, vielfach angefertigt und übertrifft an Festigkeit und Härte bedeutend das gewöhnliche Stabeisen, welches letztere dagegen in allen Fällen, wo es sich um Zähigkeit und Biegsamkeit handelt, den Vorzug verdient.

Glühstahl. Das schon lange bekannte Verfahren des Adoucirens oder Temperns, nämlich eine Entkohlung von Eisengußartikeln ohne Schmelzung, also ohne Formänderung, durch langes Glühen in oxydirenden Umgebungen, um sie geschmeidig, biegsam, selbst schmiedbar zu machen, hat zu vielfachen Versuchen, auf diesem Wege Stahl zu erzeugen, Veranlassung gegeben. Schon früher, 1846, von Tunner zu Leoben empfohlen, aber nicht weiter verfolgt, später 1849 von Bremme und Lohage in Unna ohne günstigen Erfolg versucht, aber, wie oben gezeigt, den später gelungenen Versuchen des Stahlpuddelns zu Grunde gelegt, zur selben Zeit von Lohmann in Witten an der Ruhr mit Erfolg bewerkstelligt, dann 1852 von Weber zu Glatthal in Württemberg, von Jullien in Frankreich ausgeführt und in England an Beauvallet, später 1856 an Kreeft patentirt, aber stets von ungünstigem Erfolge begleitet, wurde 1855 die Stahlbereitung auf diesem Wege von Tunner mit wirklich genügenden Resultaten ins Werk gesetzt. Er wandte statt der sonst üblichen Entkohlungsmittel (Spatheisenstein, Hammerschlag, Zinkoxyd, Braunstein) den atmosphärischen Sauerstoff an und packte zu dem Ende das weiße Roheisen in Gestalt von 7 bis 9 Linien starken Stäben, mit Quarzsand umgeben in eiserne Kasten, welche je 100 Ztr. Eisen aufnahmen. Nach 35 Tage lang fortgesetztem Glühen fand man den größten Theil in Stahl und hartes Eisen, einen kleineren Theil selbst in Schmiedeisen umgewandelt. Das Produkt, wenn auch nicht als Werkzeugstahl anwendbar, eignete sich gleichwohl zu Messerstahl, Radschuhen, Radreifen, Tyres und andern größern Gegenständen. Aber der gleichzeitig aufgekommene Bessemerprozeß, der kaum so viele Minuten, wie jener Tage, zudem weit weniger Brennmaterial erfordert und ein gleich gutes Produkt liefert, gab der Glühstahlbereitung sofort den Todesstoß.

Uchatiusstahl. Im Jahr 1855 wurde von dem österreichischen Artillerieoffizier Uchatius ein Verfahren, direkt aus Roheisen

fertigen Gußstahl darzustellen, erfunden, auf mehreren deutschen, englischen und französischen Eisenwerken versucht und mit Erfolg in Ausführung gebracht. Sein Verfahren besteht darin, ein möglichst reines, wenig Silicium haltendes und möglichst phosphor- und schwefelfreies weißes Roheisen durch Eingießen in stark bewegtes kaltes Wasser zu granuliren und die so erhaltenen kleinen, schrotähnlichen Körner von 1 bis 2 Linien Durchmesser mit 20 Prozent geröstetem und fein pulverisirtem Spatheisenstein und 4 Proz. feuerfestem Thon in Tiegeln zu schmelzen. Die Mischung wurde später dahin abgeändert, daß die Menge des Spatheisensteins auf 25 Proz. erhöht und außerdem 1½ Proz. Braunstein nebst (zu weicheren Stahlsorten) 12½ bis 20 Proz. Schmiedeisen zugesetzt wurden. Die Tiegel (Graphittiegel) von 15 Zoll Höhe und 6 Zoll lichter Weite fassen 28 bis 30 Pfd. Eisen, werden damit 1¾ bis 2½ Stunden der stärksten Hitze des Schmelzofens ausgesetzt, worauf man, nach Wegnahme der Schlacke, den Stahl in einen eisernen Einguß gießt.

Hat auch die Uchatius'sche Methode seit Erfindung des Bessemerns den hervorragenden Platz unter den Stahlbereitungsmethoden, welchen man ihr anfänglich einräumte, nicht behaupten können, und stellt sie sich durch den großen Verbrauch an kostspieligen Tiegeln, die von der hitzigen Schlacke so stark angegriffen werden, daß sie in der Regel nur einmal gebraucht werden können, ziemlich hoch im Preise, so liefert sie dagegen einen wirklichen, selbst als Werkzeugstahl brauchbaren Gußstahl, und kann in so fern durch das Bessemermetall unmittelbar nicht verdrängt werden. Versuche auf dem Stahlwerk zu Uslar im Solling ergaben zwar ein Produkt von ungenügender Beschaffenheit, sind aber nicht lange genug fortgesetzt, um die bei Prüfung neuer Methoden durch mangelnde Uebung und Erfahrung nie fehlenden Schwierigkeiten und Unsicherheiten zu überwinden; dagegen ist die Uchatius'sche Methode in Schweden auf dem Stahlwerk zu Wilkmanshyttan noch jetzt in ausgedehnter Anwendung. Es ist besonders die Reinheit des dieser Hütte zu Gebot stehenden reichen Magneteisensteins von Bisberg und des daraus mit Holzkohlen erblasenen Roheisens, welche die Sicherheit im Gelingen und die Darstellung eines Stahls von ausgezeichneter Güte ermöglicht. Es wird alljährlich ein sehr bedeutendes Quantum Stahl

in Stäben verschiedener Dimensionen, gegenwärtig im Preise von 63 bis 71 Frcs. der Zoll-Ztr. verkauft und findet selbst als Werkzeugstahl häufige Anwendung. So soll auch die Münze in Stockholm zu ihren Prägstempeln und Walzen diesem Stahl vor andern Sorten den Vorzug geben.

Martin's Verfahren. Neuerdings ist von Emil Martin das Uchatius'sche Verfahren dahin abgeändert und vereinfacht worden, daß er die Schmelzung nicht in Tiegeln, sondern auf dem Herd eines Gasofens mit Siemens'schen Wärmeregeneratoren bewirkt, welche mit Leichtigkeit einen außerordentlich hohen, selbst zum Schmelzen von Stabeisen hinreichenden Hitzgrad erzeugen. In der Pariser Weltausstellung von 1867 war von dem Erfinder ein reiches Sortiment nach dieser Methode erzeugter Stahlsorten und selbst Feinkorneisen ausgestellt, welches in völlig flüssigem Zustande erhalten war. Der Martin'sche Gußstahl hat bisher vorzugsweise zur Anfertigung von Gewehrläufen gedient, zu welchen dieses Material seiner großen Zähigkeit wegen sich vorzüglich eignet. So fand man unter den ausgestellten Erzeugnissen einen Lauf, der bei den Sprengproben nur an einer Stelle geplatzt war, ohne die geringsten Splitter fortzuschleudern. Da das Nähere des Verfahrens bisher der Oeffentlichkeit vorenthalten ist, so läßt sich noch nicht übersehen, ob es dem Bessemerverfahren gegenüber bedeutende Vortheile darbietet. Es scheint aber keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Anlagekosten sich weit niedriger stellen, weßhalb es besonders für kleinere Stahlwerke, welchen die zur Anlage eines Bessemerapparates erforderlichen Mittel fehlen, die größte Beachtung verdient. Das an Martin in Frankreich auf sein Verfahren ertheilte Patent ist von Verdié für die Werke in Firminy gekauft, wo es im Großen zur Ausführung kommen soll, nachdem Martin bisher monatlich nur 2000 Ztr. produzirte. Tunner, welcher sich sehr günstig über die Martin'sche Methode äußert, macht auf den großen Vortheil, dem Uchatius'schen Verfahren gegenüber, aufmerksam, daß nicht nur die Kosten der Tiegel wegfallen, sondern daß die entstandene Schlacke abgezogen, und eine neue Parthie Erze oder Roheisen nachgetragen werden kann, je nachdem dieß die genommene Probe als räthlich oder wünschenswerth erscheinen lasse, was bei Tiegelschmelzung nicht möglich ist. Derselbe empfiehlt das Verfahren besonders für die halbirten und weißen

Roheisensorten in Innerösterreich und Ungarn. Interessant ist jedenfalls die allmähliche Ausbreitung der Siemens'schen Wärmeregeneratoren, dieser so überaus sinnreichen, anfänglich von mehreren Seiten als auf Täuschung beruhend angefeindeten Erfindung, auch auf dem Felde der Eisenindustrie.

Obuchow's Methode. Sie besteht darin, reines weißes Holzkohlenroheisen in einem Kupolofen umzuschmelzen und so im flüssigen Zustande in bis zur Weißgluth erhitzte große Tiegel aus feuerfestem Thon, welche vorher mit Eisen- und Stahlabschnitzeln, Magneteisenstein, Titaneisenstein und Thon, oder auch nur mit Magneteisenstein und arseniger Säure besetzt wurden, abzulassen. Nachdem alles in Fluß gekommen, wird umgerührt und dann nöthigenfalls noch mit Arsenik, Salpeter oder anderen oxydirenden Stoffen versetzt, worauf der gebildete Stahl in stehende eiserne Formen ausgegossen wird.

Der Bessemer-Prozeß. Die von Henry Bessemer in Sheffield gemachte und nach ihm mit dem Namen „das Bessemern" belegte Erfindung der Umwandlung von Roheisen in Stahl oder doch in ein stahlartiges Schmiedeisen, hat seit den wenigen Jahren ihres Bestehens eine solche Ausdehnung gewonnen und schreitet so raschen Schrittes voran, daß ihr unter den neueren Fortschritten der Eisenindustrie unbedingt der erste Rang gebührt, ja daß sie allem Anscheine nach in der Stahl- und Schmiedeisenfabrikation eine völlige Umwälzung herbeizuführen im Begriffe steht. Es wird deßhalb auch der vorliegende Artikel sich ausführlicher mit dieser hochwichtigen Erfindung beschäftigen.

Während die bisherigen Frischmethoden, sei es die alte Herdfrischerei, sei es der Puddelprozeß, die Entkohlung des Roheisens und dessen Reinigung von Silicium und anderen fremden Stoffen durch die oxydirende Wirkung des in dem Eisenoxydul der Schlacke enthaltenen Sauerstoffs bewirken, ist es beim Bessemern die atmosphärische Luft die, durch das sehr heiß geschmolzene Roheisen getrieben, weit entfernt, dasselbe abzukühlen, einen heftigen Verbrennungsprozeß bewirkt, wobei, unter Steigerung der Hitze und lebhaftem Funkensprühen nicht nur Kohlenstoff und Silicium, sondern selbst ein Theil des Eisens zur Verbrennung kommt, ohne daß es dabei einer Erwärmung von außen bedarf. Das brennende Eisen bleibt dabei so vollkommen flüssig, daß es nach hinrei-

chender Entkohlung sofort zum Gießen in Formen bereit ist. Man treibt auf diesem Wege die Entkohlung selbst bis zum Entstehen von weichem Schmiedeisen, welches, bekanntlich im gewöhnlichen Ofenfeuer fast unschmelzbar, auf diesem neuen Wege sich schmelzen und gießen läßt. Da jedoch ein hartes stahlartiges Produkt höheren Werth besitzt als weiches Schmiedeisen, so ist es allgemein gebräuchlich, ein solches, sogenanntes Bessemermetall darzustellen. Vermochte auch der Bessemer-Prozeß zur Erzeugung härterer feinerer Stahlsorten, sogenannten Werkzeugstahls, bis jetzt nur ausnahmsweise sich zu erheben, theils weil die so kurze Dauerzeit des Verbrennungsprozesses eine genügende Entfernung des Siliciums nicht gestattet, theils weil in Folge des massenweisen Durchströmens der Luft und des sofort folgenden Ausgießens feine Luftbläschen zurückzubleiben scheinen, welche eine etwas poröse Beschaffenheit zur Folge haben, theils endlich, weil es ungemein schwierig ist, den Zeitpunkt genau zu erkennen und einzuhalten, den der bezweckte Grad der Entkohlung beansprucht; so findet das Produkt doch als Massenstahl und Maschinengußstahl schon jetzt die ausgedehnteste Anwendung zu Gegenständen, welche Härte und Festigkeit erfordern und doch bis jetzt nur aus Schmiedeeisen angefertigt werden konnten. Die anfänglich unüberwindlich scheinende Schwierigkeit, den Augenblick mit Sicherheit zu erkennen, in welchem die Entkohlung bis zum gewünschten Grade fortgeschritten, hat man bereits überwinden gelernt, indem man, wie weiter unten ausführlich gezeigt werden wird, sich des Auskunftsmittels bedient, die Entkohlung absichtlich weit über die dem Stahl gesteckte Grenze hinaus zu treiben, das Eisen also in der That fast ganz zu entkohlen, wobei es auch im Uebrigen reiner wird, und schließlich durch Zusatz einer kleinen Menge recht reinen, kohlenstoffreichen Roheisens (Spiegeleisens) den verlangten Kohlengehalt herbeizuführen.

Wenngleich das Bessemermetall, wie erwähnt, in völlig flüssigem Zustande in Formen gegossen wird, so hat dieß doch, wie beim Gußstahl, nur den Zweck, Blöcke herzustellen, welche nachher durch Hämmern und Walzen oder auch durch Umschmelzen weiter verarbeitet und veredelt worden, denn zur direkten Gießerei eignet sich das Bessemermetall, so wie es die gegenwärtige Fabrikationsart liefert, nicht gut, weil es fast immer einzelne Luftblasen einschließt; auch besitzt es im gegossenen Zustande bei weitem nicht die Zähig-

keit und Festigkeit, die es durch Ausschmieden erlangt. Gleichwohl berechtigen die in so wenigen Jahren schon gewonnenen Fortschritte zu der Hoffnung, daß die Schwierigkeiten, welche sich gegenwärtig noch der Darstellung eines guten harten Stahls entgegenstellen, den allseitigen angestrengten Bemühungen über kurz werden weichen müssen.

Die Erfindung des Bessemerns verdankt ihr Entstehen nicht etwa, wie das Hervortreten der Minerva aus Jupiters Haupt, einer plötzlich aufgetauchten glücklichen Idee, sondern ist die allmählich gereifte Frucht mit großer Beharrlichkeit und noch größeren Kosten, trotz unzähliger mißglückter und entmuthigender Arbeiten fortgeführter Versuche. Den Ausgangspunkt bilden zwei, übrigens erfolglos gebliebene von Bessemer erfundene und im Jahre 1855 in England patentirte Verfahrungsarten zur Darstellung von Zementstahl und dessen Schmelzung zu Gußstahl. Noch in demselben Jahre nahm Bessemer ein Patent auf ein Verfahren, Roheisen in Tiegeln zu schmelzen und durch Röhren, die von oben bis auf den Boden eingesenkt werden sollten, einen Strom atmosphärischer Luft und Wasserdampf durch das geschmolzene Eisen zu treiben. Im darauf folgenden Jahre 1856 trat die Erfindung schon ziemlich in ihrer gegenwärtigen Form auf, indem er das geschmolzene Roheisen in ein eisernes, mit feuerfesten Steinen ausgefüttertes Gefäß abließ und von unten atmosphärische Luft (ohne Dampf) eintrieb. Das beständige Mißlingen der Versuche brachte ihn auf die Mitanwendung von Wasserdampf zurück, worauf sich mehrere Patente bezogen; auch versuchte er, die Entkohlung durch Zusatz eisenoxydulhaltiger Schlacken, mit welchen das geschmolzene Eisen in einem hin- und herschwingenden Gefäß geschüttelt wurde, zu befördern. Aber alle Versuche scheiterten an der Unmöglichkeit, mit einiger Sicherheit ein gleichmäßiges, brauchbares Produkt zu erzielen, und standen nahe daran, in das Meer der Vergessenheit zu versinken, als im Jahr 1857, nachdem man den großen Einfluß erkannt, den die Reinheit des Roheisens auf das Gelingen des Prozesses ausübt, zuerst in Schweden auf der Hütte zu Edsken, dann auch auf dem Eisenwerk Högbo zu Gefle am bottnischen Meerbusen, besonders auf Veranlassung des Eisenwerksdirektors Grill, Versuche ausgeführt wurden, welche zu weit besseren Resultaten führten und schon eine vollständig geregelte

Fabrikation hervorriefen. Bald wurde nun das Bessemern wieder in England und Belgien mit besserem Erfolge aufgenommen, sodann auch auf dem Kontinent nach und nach zur Ausführung gebracht. Eine kurze Zusammenstellung über die gegenwärtige Ausbreitung des Bessemerns folgt weiter unten.

Der ursprünglich englische, jetzt auch auf dem Kontinent allgemein gebräuchliche Apparat besteht in einem sehr großen eisernen, einigermaßen birnförmigen Gefäß, dem Konverter, auch Birne genannt, welches um eine horizontale Achse drehbar ist und beim Eingießen des Roheisens, dann während der Operation und schließlich beim Ausgießen in verschiedene Stellungen gebracht werden kann; wogegen der in Schweden gebräuchliche Bessemerofen feststeht und mehr einem kleinen Kupolofen gleicht.

Die Fig. 3 bis 8 auf Taf. 124 zeigen den Bessemerapparat, wie er, wenn auch mit kleinen Abänderungen, mit Ausnahme Schwedens, in den meisten Bessemerhütten angetroffen wird. Die äußere Gestalt des Konverters und seine Lage bei aufrechter und geneigter Stellung ersieht man aus Fig. 3; seine Lage beim Eingießen aus der Skizze Fig. 4. A, Fig. 5, ist ein Durchschnitt des aus starkem Eisenblech angefertigten, inwendig mit feuerfestem, thonigem Quarzpulver (Ganister) ausgefütterten Konverters, der aus zwei Theilen, dem unteren Ofen a und dem oberen bei b,b abnehmbaren Halse c besteht. Der Durchmesser des inneren freien Raumes innerhalb der Ausfütterung beträgt etwa $5\frac{1}{2}$ Fuß. Beide Theile sind durch Schraubbolzen fest verbunden. Zum Zweck der Drehbarkeit ist der Konverter von einem starken eisernen Ringe dd mit zwei Zapfen e und f umgeben, welche letztere sich in Lagern der Ständer g und h drehen. Während der hohle Zapfen e zum Zuleiten des Windes dient, ist der andere f durch einen Muff i mit der Welle k verkuppelt, die, mittelst des darauf befindlichen Zahnrades l gedreht, dem Konverter jede beliebige Stellung ertheilt. Die Zuleitung des Windes erfolgt durch die Säule m, dann durch das festliegende horizontale Rohr n in den hohlen Zapfen e, der sich, dicht schließend, um das Rohr n dreht. Von hier aus nimmt der Wind seinen Weg durch das Rohr o in den unteren Windkasten p, um nun durch eine große Zahl thönerner Düsen von sehr kleinem Durchmesser von unten in den Konverter einzutreten. Dieser wichtige Theil des Appa-

rates bedarf einer spezielleren Beschreibung, und ist zu dem Ende in Fig. 6, 7 und 8 nach größerem Maßstabe dargestellt. Der Windkasten pp bildet einen ganz für sich bestehenden Theil, der an die Bodenplatte des Konverters angeschraubt wird. Er enthält 7 zylindrische Abtheilungen q, die sich nach oben trichterförmig etwas verengen, um die konischen Düsen r,r,r, die mit Thon eingekittet werden, aufzunehmen. Jede der Abtheilungen steht durch eine seitliche Oeffnung s mit dem gemeinschaftlichen Raume t in Verbindung, in welchen der Wind durch das Rohr o eintritt, und enthält einen Bügel u, mit einer zum Andrücken der Düsen dienenden Schraube v. Jede der aus feuerfestem Thon gebrannten Düsen enthält 12 im Kreise angebrachte röhrenförmige Züge von 4 bis 5 Linien Durchmesser, so daß mithin der Wind durch 84 enge Oeffnungen in den Konverter eintritt. Um das Einbringen der Düsen in den Windkasten zu ermöglichen, sind die zylindrischen Abtheilungen unten offen und werden, jede für sich, durch eine besondere untergekeilte Platte w geschlossen. In Fig. 8 sieht man den Windkasten von unten, rechts mit geöffneten, links mit fertig geschlossenen Abtheilungen.

Die Zulassung und Absperrung des Windes, je nach Erforderniß, wurde früher durch den Apparat selbst vermittelt. Befindet sich nämlich der Konverter beim Ein- und Ausgießen in geneigter Lage, so soll der Wind abgestellt, wird er dagegen aufgerichtet, soll der Wind angelassen werden. Jene selbstthätige Vorrichtung bewirkte dieß durch ein Ventil in der Windleitung, welches durch die Drehung des Konverters entsprechend geöffnet oder geschlossen wurde. Neuerdings hat man diese Selbststeuerung aufgegeben und die Regulirung dem freien Willen des Arbeiters überlassen.

Die Aufgabe, einen so kolossalen, schweren und plumpen Körper wie den vielleicht mit 10,000 Pfd. Eisen gefüllten Konverter beliebig zu drehen, ist von Bessemer durch Anwendung eines hydraulischen Mechanismus in höchst vollkommener Weise erledigt. Es befindet sich nämlich bei jedem der beiden Konverter ein horizontal liegender Zylinder B, Fig. 3, mit Kolben, dessen Stange x bis zu einer gewissen Weite gezahnt ist und in das oben erwähnte, an dem einen Zapfen des Konverters sitzende Rad l, Fig 5, eingreift, so daß beim Hin- und Hergehen des Kolbens das Rad, mithin auch der Konverter sich dreht. Zwei Röhren y und z vermitteln den Ein- und Austritt

des unter sehr hohem Druck stehenden Wassers, welches nun, wie bei der hydraulischen Presse, den Kolben mit außerordentlicher Gewalt in Bewegung setzt. Ein Akkumulator, der durch eine Dampfmaschine fortwährend mit Wasser gespeiset wird, liefert das nöthige Druckwasser. Es bedarf also nur einer kleinen Steuervorrichtung, um den Zu- und Abfluß des Wassers auf ähnliche Weise zu veranlassen, wie die Steuerung einer Dampfmaschine dieß in Beziehung auf den Dampf thut. Es gewährt einen fast komischen Anblick, wie ein auf einem erhöhten Sitz vor einem kleinen Pult sitzender Arbeiter, vielleicht ein Knabe, mit spielender Leichtigkeit kleine Zeiger nach rechts und links bewegt und dadurch die sklavische Mitbewegung der kolossalen Massen so leicht bewirkt, wie man ein Kochgläschen in der Hand aufrichtet oder es neigt, um den Inhalt auszugießen.

Zur Aufnahme des Metalls dient, Fig. 3, eine große Gießpfanne, die am Ende eines starken horizontal drehbaren Krahns D sitzt und mittelst einer Schraube ohne Ende sich drehen läßt. Um das Gewicht der mit Stahl gefüllten Gießpfanne zu balanciren, findet man bei einigen Apparaten ein Gegengewicht in Gestalt eines kleinen Wagens, welches man anfänglich dem Ende des Krahns nähert, beim allmählichen Entleeren der Gießpfanne aber mehr nach der Mitte schiebt. Das Ablassen des Stahls aus der Gießpfanne in die eisernen Coquillen (Gußformen) geschieht durch Oeffnen eines an ihrem Boden befindlichen Zapfloches. Dieses Loch ist durch einen an einer Eisenstange sitzenden thönernen Stöpsel von innen verschlossen, welchen man etwas lüftet, sobald die Gießpfanne durch den Krahn über eine der im Halbkreise aufgestellten Coquillen gebracht ist. Zum Zweck des bequemeren, sicheren und sanften Oeffnens ist die Stange gebogen, geht an der Außenseite der Pfanne wieder herab und endigt in eine Zahnstange, in welche ein kleines, an der Außenwand der Gießpfanne sitzendes Rad eingreift. Indem der Arbeiter dieses Rädchen mittelst einer Kurbel dreht, hebt er die Zahnstange und somit den Stöpsel. Die erwähnte Drehbarkeit der Gießpfanne ist nothwendig, um sie vor dem Einlassen des Stahls umdrehen und über einem kleinen Ofen innerlich gehörig abwärmen zu können.

Auf verschiedene, theils vorgeschlagene, theils in Ausführung gebrachte Aenderungen des Bessemerapparates näher einzugehen,

gestattet weder der Raum, noch bieten sie, bei ihrer wahrscheinlich ephemeren Existenz, besonderes Interesse dar.

Der Schwedische Bessemerofen. Der Einführung der englischen beweglichen Oefen in Schweden soll nach Boman theils die Unbekanntschaft mit denselben theils der Umstand entgegen gewirkt haben, daß sie der sphäroidalen Form wegen mit einer feuerfesten Masse ausgerammt werden müssen, welche man in Schweden nicht besitzt.

Der in Fig. 3 und 4 auf Taf. 125 in zwei vertikalen, rechtwinklig gegen einander genommenen Durchschnitten dargestellte Ofen ist ein feststehender zylindrischer Schachtofen von 4 Fuß lichter Höhe und 3 Fuß Durchmesser, in welchen nahe über dem Boden 12 Blasformen eingesetzt sind. Zum Eingießen des Eisens dient ein Einguß a, welcher während der Arbeit durch einen eingesetzten Stein b geschlossen wird. c Hals zum Entweichen der Gase und Flamme. Die ringförmige Windleitung war früher durch eine Scheidewand in zwei durch ein Ventil getrennte Kanäle getheilt, von welchen der eine durch die Knierohre e e den Wind in die untere Düsenreihe leitete, während der andere zum Betrieb einer zweiten, etwas höher liegenden Düsenreihe, die man später abgeschafft hat, führte. Die Verbindung der Rohre e e mit den Düsen ist einfach durch kleine Exzentrika mit Handhabe g bewirkt, welche beim Niederdrücken den unteren Flansch des Rohres an die Düsen andrücken. Das Gewölbe des Ofens sitzt in einem Ring h und ist von einem Dach überspannt, das man mittelst des Krahnes i heben, und so auch mit Hülfe der Oesen k k das Ofengewölbe abheben kann. l Abstichöffnung.

Eine neuere Abänderung des hier beschriebenen älteren Ofens zu Edsken ist von Hrn. Stefanson auf der Siljansforshütte konstruirt und von Boman in seinem Werk „Das Bessemern in Schweden" beschrieben. Der Hauptunterschied liegt in der Lage des Windkastens, der bei dem Edskener Ofen, wie wir sahen, freiliegt und den Wind durch besondere Röhren dem Ofen zuführt, wogegen bei dem neuen Ofen der ringförmige Windkasten sich in der Ebene der Düsen befindet, so daß der Wind aus ihm direkt in die Düsen eintritt. Einen vertikalen Durchschnitt dieses Ofens und einen Theil des horizontalen Durchschnitts, die einer näheren Erläuterung nicht

bedürfen werden, zeigen Fig. 5 und 6 auf Taf. 125. Eine Abänderung des Stefanson'schen Ofens ist dann auf der neuen Hütte zu Bäka in Dalekarlien angenommen.

Der schwedische Ofen empfiehlt sich zwar durch die weit geringeren Anlagekosten, steht aber, dem englischen gegenüber, dadurch im Nachtheil, daß das Abstechen des Metalls noch während des Durchströmens des Windes erfolgen muß, weil ja sonst, wollte man den Wind abstellen, das Metall in die Düsen und Windleitungen eindringen würde. Es entsteht hierdurch der doppelte Nachtheil, daß die in dem Eisen mechanisch eingeschlossenen Luftblasen keine Zeit finden, sich vom Eisen zu trennen, und daß die zuletzt abfließenden Portionen der entkohlenden Einwirkung der Luft noch ausgesetzt sind, wenn die zuerst ausgelaufenen sich diesem Einflusse schon entzogen haben. Zwar wird der erste dieser Nachtheile durch das Verweilen des abgestochenen Stahls in der Gießpfanne einigermaßen gehoben, doch besitzt er hier nicht mehr die dem Aufsteigen der Blasen günstige hohe Temperatur und Dünnflüssigkeit, wie er sie im Ofen hatte.

Am Ural zu Nischnei-Tagilsk ist eine Abweichung von dem englischen Konverter in Anwendung gebracht, bei welcher der Wind nicht von unten, sondern, wie beim schwedischen Ofen, von der Seite eintritt, aber nur durch zwei Düsen von 1⅚ Zoll Durchmesser, bei einem lichten Durchmesser des Konverters von 4 Fuß. M. s. Fig. 9 und 10 auf Taf. 121. Durch die von der radialen Richtung etwas abweichende Lage der Düsen, wie sie Fig. 10 zeigt, wird dem Inhalt des Konverters eine rotirende Bewegung ertheilt. Die bisherigen Erfahrungen haben sehr günstige Resultate ergeben.

Ein vom Eisenhütteningenieur Thal erdachter, unseres Wissens noch nicht zur Ausführung gekommener Bessemerofen, beruht auf dem Prinzip der kontinuirlichen Wirkung. Das Roheisen fließt in einem Strahl, der durch ein Ventil genau regulirt werden kann, in einen Trichter, dessen Rohr sich mitten in der Windleitung befindet, die hier vertikal herabgeht und den Wind durch eine fein durchlöcherte Brause ausströmen läßt. In geringer Entfernung unter dieser Brause und dem Trichter befindet sich eine, mit Masse ausgefütterte rotirende Schale, in welcher das Eisen der Einwirkung des Windes ausgesetzt ist, zugleich aber auch durch zwei von der

Peripherie der Schale ausgehende vertikale Rinnen abfließt und in einem ringförmigen Sumpf sich sammelt, um von hier in die untergestellten Coquillen abzufließen. Es liegt nun in der Hand des Meisters, den Wind, die Schnelligkeit der Rotation und den Roheisenzufluß zu regeln, um danach bestimmte Produkte zu erhalten. Da hier die Luft nicht durch das Eisen, sondern nur auf dessen Oberfläche getrieben wird, nähert sich das Verfahren mehr dem Feineisenfeuer als einem Bessemerofen, und wir bezweifeln, daß in einer Schale befindliches geschmolzenes Roheisen durch einen auf seine Oberfläche geblasenen kalten Luftstrom zum fortdauernden Verbrennen sollte gebracht werden können.

Als Gebläse beim Bessemer-Prozeß dienen allgemein sehr stark gebaute, kräftig wirkende Zylindergebläse, welche eine Pressung des Windes bis $2^2/_3$ oder selbst 3 Atmosphären hervorbringen müssen. Der Wind sammelt sich zunächst in sehr großen Regulatoren und tritt erst von hier aus in den Apparat.

Als das für den Bessemer-Prozeß geeignetste Material hat sich ein möglichst schwefel- und phosphorfreies, dagegen manganhaltiges gaares graues Roheisen bewährt. Als Grund des Vorzugs des grauen vor dem weißen Roheisen, welches ja sonst zur Stahlbereitung das geeignetere ist, sieht man die Gegenwart von Graphit in ersterem an, weil dieser langsamer verbrennt als der im weißen Eisen chemisch gebundene Kohlenstoff, mithin die erste Periode des Prozesses, wo es sich mehr um Verbrennung von Eisen als von Kohlenstoff handelt, zweckmäßig verlängert. Da das mit Kokes erblasene Roheisen in Folge der höheren Temperatur reicher an Graphit zu sein pflegt, als Holzkohlenroheisen, so verdient ersteres, übrigens gleiche Reinheit vorausgesetzt, den Vorzug; aber freilich findet sich diese Bedingung der Reinheit selten erfüllt, so daß im Allgemeinen doch dem Holzkohlenroheisen der Vorzug gebührt.

Den Schwefelgehalt anlangend, so hält Tunner 0,2 Prozent bei übrigens reinem steirischem Eisen noch für zulässig, während Bessemer schon Eisen mit 0,1 Proz. Schwefel verwirft.

Silicium schadet nicht, wenn es nicht über $1^1/_2$ Proz. beträgt, denn es verbrennt in der ersten Periode des Prozesses und soll selbst zur Erhöhung des Hitzgrades beitragen. Ein größerer Siliciumgehalt, wie er namentlich in übergaarem Kokeseisen vorkommt, erzeugt da

er in der kurzen Zeit des Prozesses nicht vollständig zur Verbrennung kommt, einen harten, rothbrüchigen Stahl.

Phosphor zeigt sich noch nachtheiliger als Schwefel, weil er dem Eisen weit hartnäckiger anhängt und nur zu einem sehr kleinen Theile entfernt werden kann.

Die günstige Wirkung des Mangangehalts erklärt man daraus, daß er durch das Verbrennen des Mangans zur Erhöhung der Temperatur während der ersten Periode des Prozesses beitrage.

Verfahren beim Bessemern. a) Im englischen Apparate. Das zu frischende Roheisen wird nicht direkt aus dem Hochofen, sondern erst nach vorhergegangenem Umschmelzen im Flammofen, in den Konverter gebracht. Dieses Umschmelzen bezweckt, wie beim Feinen, eine Reinigung, jedoch nicht, wie dort, eine Umwandlung in weißes Eisen, wie denn auch das Eisen aus dem Flammofen entweder direkt durch eine Rinne in den Bessemerofen gelassen wird, in welchem Falle sich der Flammofen in entsprechender Höhe befinden muß, oder, wenn der Flammofen in der Ebene der Hüttensohle steht, erst in eine große Gießpfanne und aus dieser, nachdem sie durch einen Krahn in die richtige Höhe gebracht worden, in den Konverter gegossen wird. Mag auch das Umschmelzen des Roheisens, das übrigens, aus Furcht den Schwefelgehalt des Eisens durch jenen der Kokes noch zu erhöhen, nie im Kupolofen geschehen darf, Kosten veranlassen, so gewährt es doch, außer der schon erwähnten Reinigung, noch den großen Vortheil, daß es dem Hüttenmann freie Hand gibt, geeignete Roheisensorten auszuwählen und selbst je nach Erforderniß verschiedene Sorten zu mischen. Da nun aber das Umschmelzen des Roheisens im Flammofen gewöhnlicher Konstruktion unvermeidlich eine Verringerung des Kohlenstoffgehaltes herbeiführt und so in unerwünschter Weise dem Bessemer-Prozeß vorarbeitet, den man doch gerade so viel möglich in die Länge zu ziehen sich bemüht, so ist von Bessemer in der Absicht, eine Verminderung des Kohlenstoffverlustes und zugleich eine Ersparung an Brennmaterial zu erzielen, an dem Flammofen die Abänderung vorgenommen, daß das dem Schornstein zunächst liegende hintere Ende mit einem zweiten Herde, oder vielmehr mit einer beweglichen Verlängerung versehen ist, so daß man ihr eine geneigte Lage ertheilen kann. An der Grenze der beiden Herde zieht sich das Gewölbe stark herab, um

über dem Hinterherde sich wieder etwas zu erheben. Wenn das auf dem vorderen Herde liegende Roheisen vollständig zum Schmelzen gekommen, jenes auf dem Hinterherd aber dem Schmelzpunkt nahe, obwohl noch nicht geschmolzen ist, neigt man den Hinterherd, schiebt das noch feste Eisen in den Konverter und läßt zugleich auch das geschmolzene Eisen einfließen, richtet nun den Konverter auf, während zugleich das Eintreten des Windes beginnt. Inwiefern dieses abgeänderte Verfahren eine bessere Entschwefelung, wie Bessemer vorgibt, herbeiführen soll, ist schwer zu begreifen, dagegen mag sich das Einbringen von festem, noch ungeschmolzenem, jedoch dem Schmelzpunkt nahem Roheisen — ein Verfahren, das auch schon anderweitig angewandt worden, vielleicht empfehlen, wenn nicht dadurch ein Wärmekonsum, folglich eine nachtheilige Abkühlung herbeigeführt werden sollte.

Beim Einlassen des geschmolzenen Eisens, geschehe dieß nun mittelst einer Rinne oder aus einer Gießpfanne, kommt der Konverter in die durch Fig. 4, Taf. 124, angedeutete Lage, damit das Niveau des Eisens noch unterhalb der Düsenöffnungen bleibe; dann erst dreht man, unter gleichzeitigem Zulassen des Windes, den Konverter aufwärts. Die Charge richtet sich natürlich nach der Größe des Apparates und beträgt für den oben beschriebenen Apparat etwa 60 Ztr. Sofort beginnt nun unter heftigem Aufsprudeln des Eisens, Herausschlagen einer starken, obwohl an sich schwach leuchtenden Flamme und prachtvollem Funkenregen die erste Periode (Fein- oder schlackenbildende Periode), in welcher vorzugsweise Eisen und Mangan, und in Folge der großen Verwandtschaft des Eisenoxyduls zur Kieselsäure, auch Silicium verbrennt. Der im Roheisen als Graphit vorhandene Kohlenstoff tritt mit dem heiß geschmolzenen Eisen in chemische Verbindung, nur ein kleiner Theil verbrennt anfänglich zu Kohlenoxyd, welches bei seiner ferneren Verbrennung eine nur wenig leuchtende, aber durch die strahlenden Funken des brennenden Eisens dem Brillantfeuer der Feuerwerker gleichende Flamme erzeugt. Die Mündung des Konverters befindet sich dabei unter einem Rauchmantel, der die Verbrennungsprodukte in einen Schornstein ableitet. Die Dauer dieser ersten Feinperiode beträgt durchschnittlich etwa 4 bis 6 Minuten, sie kann jedoch, je nach der Beschaffenheit des Roheisens, zwischen 1 und 8 Minuten schwanken.

Bei weißem Roheisen ist die erste Periode so kurz, daß fast sofort die zweite, die Koch- oder Eruptionsperiode beginnt.

Die Temperatur erreicht in dieser Periode schon einen so hohen Grad, nach Gruner 1800 bis 2000° C., daß selbst Stabeisen flüssig bleiben kann.

Als zweite Periode (Koch-, Stahlbildungs- oder Eruptionsperiode) wird der nun folgende, etwa 6 bis 8 Minuten dauernde Zeitraum betrachtet, wo hauptsächlich durch Wechselwirkung zwischen dem Kohlenstoff des Roheisens und dem Eisenoxydul der in der ersten Periode gebildeten Schlacke, also durch einen dem gewöhnlichen Frischprozeß ähnlichen Vorgang, der Kohlenstoff zu Kohlenoxyd oxydirt, zugleich aber das Eisen der Schlacke wieder reduzirt wird. Da dieser Prozeß mit einem Wärmekonsum verbunden ist und die Temperatur bis unter den Schmelzpunkt des Stahls herabsinken könnte, ist es wichtig, daß während der ersten Periode sich ein hinreichend hoher Hitzgrad ausbilde, um auch noch für die zweite Periode vorzuhalten. War dieß nicht der Fall, wie namentlich bei weißem Roheisen, dessen chemisch gebundener Kohlenstoff gleich anfänglich durch Einwirkung auf das sich bildende Eisenoxydul die Bildung von Kohlenoxyd und somit einen Wärmekonsum veranlaßt, so erreicht das Eisen nicht den erforderlichen Hitzgrad, um auch im Fortgange des Prozesses flüssig zu bleiben, und es entsteht ein halbflüssiger, mit viel eingemengter Schlacke verunreinigter Stahl. In dieser zweiten Periode stellt sich, ähnlich wie beim Puddeln, ein Aufschwellen und Schäumen der Masse in Folge der Entwicklung des Kohlenoxydes ein, die Flamme erscheint weit heller als in der ersten Periode und führt unter häufigen schwachen Explosionen kleine feurig flüssige Schlackentheile mit sich, wogegen die, die erste Periode charakterisirenden sprühenden Funken verbrennenden Eisens seltener werden.

Es tritt nun, bei dem englischen Verfahren, die dritte, 5 bis 6 Minuten dauernde Gaarfrischperiode ein, in welcher durch fortschreitende Entkohlung der, während der zweiten Periode gebildete Stahl in Schmiedeisen übergeht. Wie schon erwähnt hat dieses in England und auch sonst bei weniger reinem Roheisen übliche Verfahren, die Entkohlung bis fast zur völligen Entfernung des Kohlenstoffs zu treiben, den doppelten Zweck, theils das Sili-

cium möglichst zu entfernen, theils ein sicheres und leicht erkennbares Stadium zu erreichen. Das Leuchten der Flamme läßt mehr und mehr nach, und trotz des Steigens der Temperatur verliert sich der Funkenregen gänzlich. In diesem Zustande ausgegossen erscheint das Eisen als ein weiches, rothbrüchiges Eisen von blättrigem Gefüge, welches ganz die Charaktere eines verbrannten Schmiedeeisens an sich trägt. Durch längeres Ausglühen unter Kohlen und vorsichtiges Hämmern und Ausschmieden stellt es ein so reines, weiches, hämmerbares Eisen dar, wie es auf keinem anderen Wege im Großen erzielt werden kann. Ist nun der, an dem gänzlichen Aufhören der Flamme und dem Erscheinen eines nur noch von innen erleuchteten durchsichtigen Gasstroms erkennbare, Augenblick der völligen Entkohlung eingetreten, so fügt man die zum Karbonisiren, also zur Stahlbildung erforderliche Menge, gewöhnlich etwa 10 Prozent, möglichst reines, phosphor-, schwefel- und schlackenfreies, dagegen möglichst kohlenstoffreiches, vorher für sich in einem kleinen Flammofen geschmolzenes Spiegeleisen hinzu. Der Konverter wird zu dem Ende wieder in die geneigte Stellung gebracht, das Gebläse abgestellt, das Spiegeleisen eingegossen und zum Zweck der genaueren Mischung der Konverter kurze Zeit in schaukelnde Bewegung gesetzt; oder man bringt ihn, nachdem das Gebläse angelassen worden, wieder in die aufrechte Stellung, um auf wenige Augenblicke das Metall gewaltsam in Bewegung zu setzen und zu mischen. Endlich, nachdem der ganze Prozeß vom Anbeginn etwa 15 bis 20 Minuten gedauert hat, gießt man den Stahl in die vorher stark abgewärmte Gießpfanne, führt diese mittelst des Krahns, der zweckmäßig auch durch hydraulische Kraft gedreht wird, über die im Halbkreise aufgestellten Coquillen und läßt den Stahl durch das am Boden befindliche Ventil in dieselben einfließen. Erfahrungsmäßig fallen die Güsse am besten aus, wenn man den Stahl anfänglich rasch, dann aber, sobald sich die Form etwa bis zur Hälfte gefüllt hat, langsamer einfließen läßt. Ist die Form etwa zu $^3/_4$ gefüllt, so füllt man sofort den noch freien Raum mit Sand, legt eine Eisenplatte darauf und verkeilt sie. Es soll hierdurch der Tendenz des Stahls, sich in der Form aufzublähen, entgegengewirkt werden. Die Coquillen, von sehr verschiedener Größe, sind viereckig mit gebrochenen Kanten, oder achteckig, an bei-

den Enden offen, nach unten, wo sie auf eiserne Platten gestellt werden, sich ein wenig pyramidal erweiternd. Die Wandstärke soll bei kleineren mindestens 1½ Zoll, bei größeren 3 Zoll und darüber betragen; die Innenwände sollen recht eben und glatt sein, auch ist es zweckmäßig, sie vor dem Einlassen des Metalls handwarm zu machen.

Die Ausbeute an rohen Gußblöcken beträgt durchschnittlich 83 bis 85 Prozent des verarbeiteten Roheisens, auf dem Stahlwerk zu Seurin sur Isle selbst 90 Prozent.

Man hat in den letzteren Jahren in englischen Werken mit Erfolg die Größe der Chargen bis auf 200 Ctr., natürlich bei entsprechender Vergrößerung des Apparates, gesteigert und erzielt so um so leichter den hohen Hitzgrad, als sich die abkühlende Fläche der Gefäßwände im Verhältniß zur Masse des Eisens relativ verkleinert.

b) Schwedisches Verfahren. — Wie schon erwähnt, ist es in Schweden gebräuchlich, und wegen des reineren Holzkohleneisens auch zulässig, das Roheisen direkt aus dem Hochofen zu verwenden. Man beginnt damit, den Frischofen durch eingelegte und bei mäßigem Wind im Brennen erhaltene Kohlen abzuwärmen. Ist dieß geschehen, so gibt man stärkeren Wind, um die Kohlen rasch zu verbrennen, sticht nun das Roheisen aus dem Hochofen in eine Gießpfanne ab, wägt es an der vorher mit der Pfanne tarirten Schnellwage, bringt die Pfanne über den Trichter des Ofens, verstärkt den Wind bis zu dem Grade, daß er den Druck der einzulassenden Eisenmasse zu überwinden vermag, und zapft das Eisen in den Ofen ab. Man verstopft nun den Einguß mittelst eines vorgestellten Steines und beschwert ihn durch eine aufgelegte Eisenplatte. Die Chargen sind neuerdings bis auf 30 und selbst 40 Ctr. erhöht.

Man unterscheidet auch in Schweden drei Perioden, von welchen die erste, die der Schlackenbildung, mit der bei dem englischen Verfahren schon beschriebenen zusammenfällt. Die Zeitdauer, durchschnittlich etwa 5 Minuten, kann, obwohl selten, selbst bis auf 17 Minuten steigen.

Nach Boman gaben vier Roheisensorten folgender Zusammensetzung die folgende Zeitdauer der ersten Periode:

	I.	II.	III.	IV.
Nummer der Roheisenhärte	1,5	1,5	1,5	2,0
Größe der Charge. Ztr.	31	34	41	34
Bestandtheile:				
Graphit	4,0	4,10	4,00	3,90
Chemisch gebundener Kohlenstoff . . .	0,27	0,42	0,48	0,60
Silicium	1,74	1,34	0,94	0,95
Mangan	0,28	0,22	0,49	0,216
Kalzium	—	—	—	0,244
Magnesium	—	—	—	Spur
Aluminium	—	—	—	—
Kupfer	—	—	—	0,005
Phosphor	—	—	—	0,018
Schwefel	—	—	—	0,02
Eisen	93,7	93,92	95,09	93,66
Dauer der ersten Periode. Minuten .	8,5	8,5	2,5	1,0

Die dritte Periode des englischen Verfahrens, in welcher, wie wir sahen, eine völlige Entkohlung bezweckt wird, fällt bei dem schwedischen Verfahren, welches die Entkohlung nur bis zur Stahlbildung und nicht weiter treibt, ganz weg, dagegen nimmt man auch in Schweden eine zweite und dritte Periode an.

Die zweite Periode, des Aufkochens, zeigt im Wesentlichen dieselben Erscheinungen, wie sie bei dem englischen Verfahren schon beschrieben wurden. Es werden violette Streifen in der Flamme bemerklich; es stellt sich ein lebhaftes brausendes Getöse im Ofen ein, die Flamme wird lang, blau, mit blendend weißem Saum und braunrauchend. Es zeigt sich starkes Funkensprühen, auch bemerkt man einzelne wollige Funken. Die Kochperiode dauert bei 30 Ztr. Charge gegen 6 Minuten.

Die dritte Periode, des Frischens, tritt ein, wenn das Verschwinden des Rauches und der wolligen Funken die Beendigung des Kochens anzeigt. Das Eisen enthält noch jetzt 2,5 bis 3 Proz. Kohlenstoff, der nun in der kurzen Periode des Frischens noch weiter bis zu dem bezweckten Gehalte im Stahl verbrennt. Die Flamme ist während der Frischperiode rein, mit leuchtenden Eisentheilchen vermischt, die zuletzt wie ein ununterbrochener starker Lichtschweif ausströmen. Die Flamme verkürzt sich mehr und mehr und zieht

sich zuletzt in die Ofenkehle zurück, während das bisherige Getöse im Ofen sich in ein zischendes Geräusch verwandelt. Nur durch längere Erfahrung und Uebung ist es möglich, in der Schätzung des Augenblicks, wo der Abstich erfolgen muß, Sicherheit zu erlangen; doch pflegen geübte Personen den beabsichtigten Kohlegehalt des Stahles bis auf Abweichungen von höchstens $^1/_3$ Proz. richtig zu treffen. Um in diesem Augenblick den Stahl so schnell wie möglich der weiteren Entkohlung zu entziehen und ihn rasch abfließen zu machen, hat das Stichloch einen Durchmesser von $4^1/_2$ Zoll. Die Frischperiode dauert in der Regel nur 2 bis 3 Minuten.

Man erzielt in Schweden durchschnittlich 78 Proz. Stahl und zwar 70 Proz. reine Güsse und 8 Proz. Abfälle; außerdem noch 10 Proz. wieder zur Hochofenbeschickung gehenden Auswurf.

Trotz aller Aufmerksamkeit und Sorgfalt sind kleine Abweichungen in der Qualität des Produktes nicht zu vermeiden, besonders, wo es sich, wie in Schweden, um Erzeugung eines wirklichen Stahls handelt. Es empfiehlt sich daher, bei jeder Operation eine kleine Probestange zu gießen, welche dann, zerschlagen, durch den Bruch wie durch ihr Verhalten beim Ausschmieden und Schweißen die Qualität zu erkennen gibt, wodurch allein es möglich wird, den Stahl für den Handel geeignet zu sortiren. Zu demselben Zweck ist von Eggertz eine colorimetrische Probe zur schnellen Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes erfunden, und auf schwedischen Werken schon in Gebrauch genommen. Sie beruht darauf, daß beim Auflösen von Stahl in Salpetersäure die Kohle, bevor sie durch längere Digestion zerstört wird, zunächst eine intensiv braune Färbung hervorbringt. Man verschafft sich durch Auflösen verschiedener Stahlsorten von genau bekanntem Kohlenstoffgehalt und Verdünnen der Lösung Musterflüssigkeiten, die, in Probirröhrchen aufbewahrt, zur Vergleichung dienen. Bei der Prüfung einer Stahlsorte löst man 0,1 Gramm derselben in reiner Salpetersäure von 1,2 spez. Gew. bei 80^0 C. auf und verdünnt sie in einem Maßrohr von gleichem Durchmesser mit dem Probirröhrchen nach und nach mit Wasser, bis die Farbe einer der Musterflüssigkeiten gleichkommt. Durch Ablesen des Volumens erfährt man den Grad der Verdünnung, und da dieser mit dem Kohlenstoffgehalt in geradem Verhältniß steht, auch diesen letzteren in Beziehung zu dem bekann-

ten Gehalt des von der Probeflüssigkeit repräsentirten Stahls. Diesem so ermittelten Kohlenstoffgehalt entsprechend numerirt man die Stahlsorten, nämlich:

No.	1	enthaltend	2	Proz.	Kohlenstoff
"	1,5	"	1,75	"	"
"	2	"	1,50	"	"
"	2,5	"	1,25	"	"
"	3	"	1,00	"	"
"	3,5	"	0,75	"	"
"	4	"	0,50	"	"
"	4,5	"	0,25	"	"

Läßt sich das Produkt bei keinem Wärmegrade so weit härten, daß es, ohne sich zu krümmen, abgeschlagen werden kann, so rechnet man es zum Schmiedeisen mit der beginnenden No. 4,5, entsprechend 0,25 Kohlenstoffgehalt. Diesem Verfahren vorzuziehen wird das auf den inneröstereichischen Stahlwerken, namentlich dem in Neuberg sein, bei welchen die Numerirung nach dem Härtegrad, der absoluten Festigkeit und der Zähigkeit sich richtet.

Analysen verschiedener Sorten Bessemermetall von Buchner.

	Spez. Gew.	Härtegrad.	Kohlenstoff.	Silicium.
Bessemerstahl von der Stahlhütte am Grazer Bahnhof aus Hefter grauem Eisen	7,824	—	0,6	0,008
Derselbe aus Edelsbacher Roheisen und Vordernberger Spiegeleisen . . .	7,723	—	1,05	0,010
Bessemermetall aus Heft in Kärnthen, zu Storé in Steiermark gewalzt .	7,7913	II	1,35	0,020
dto. dto. . .	7,8279	III	1,15	Spur
dto. dto. . .	7,8476	IV	0,85	0,020
dto. dto. . .	7,8562	V	0,72	0,030
dto. dto. . .	7,8358	VI	0,53	Spur
dto. dto. . .	7,8718	VII	0.11	Spur

Alle diese Sorten enthielten nur chemisch gebundenen, keinen mechanisch eingemengten Kohlenstoff.

Bessemern mit Gas. Eine in den Mersey-Stahl- und Eisenwerken bei Liverpool mit Erfolg ausgeführte Methode besteht

darin, in einem mit Generatorgasen geheizten Flammofen das Roheisen und in einer besonderen Abtheilung eine Legirung von Mangan und Eisen zu schmelzen, beide Schmelzen dann in einen weiten Tiegel abzulassen, in welchen ein starkes Gebläse mündet, welches wie im Bessemerofen wirkt. Die Herde fassen 10 Tonnen. Die von Henderson in Glasgow hergestellte Manganlegirung enthält 25 bis 30 Proz. Mangan gegen 75 bis 70 Proz. Eisen.

Wolframbessemerstahl. Von Le Guen sind auf der Stahlhütte zu Imphy Versuche angestellt, beim Bessemern statt des Spiegeleisens einen Zusatz von wolframhaltigem Roheisen mit 6,42 Proz. Wolframgehalt zu geben. Ungeachtet der fertige Stahl nur einige Tausendstel Wolfram enthielt, erzielte man doch auf diesem Wege aus einem gewöhnlichen grauen, durchaus nicht zur Stahlbildung geeigneten, vielmehr unreinen Kokesroheisen einen guten Stahl.

Ueber die gegenwärtig (1867) gewonnene Ausbreitung des Bessemerns ist von Tunner die folgende Zusammenstellung gegeben:

England.

Stahlwerke.	Zahl der Konverter.	Mit Chargen von	pr. Woche
Henry Bessemer und Comp. zu Sheffield	2	3 Tonnen	100 Tonnen
Gebrüder Bessemer in London	2	3 „	100 „
John Brown und Comp. zu Sheffield	2 2	3 „ 10 „	500 „
Cammell u. Comp. zu Sheffield „ „ „ zu Penictown	2 4	3 „ 5 „	500 „
Fox und Sohn zu Sheffield	2	3 „	100 „
Manchester-Stahl-Comp. Manchester	2	5 „	200 „
Lancashire Stahl-Compagnie Manchester	2	5 „	200 „
Bolton Stahlwerke . . .	2	5 „	200 „
Crewe-Werke in Crewe . .	4	5 „	400 „
Barrow Stahlwerke zu Barrow	4 6	5 „ 7 „	2200 „
Roman u. Comp. zu Glasgow	2	3 „	100 „

Stahlwerke.	Zahl der Konverter.	Mit Chargen von	pr. Woche.
Chessey Stahlwerk zu Liverpool	2	5 Tonnen	200 Tonnen
Dowlais-Werke zu Dowlais .	6	5 „	600 „
Ebbw-Vale-Werke zu Ebbw-Vale	6	5 „	600 „
			6000 Tonnen.

also jährlich 300,000 Tonnen oder 6 Millionen Zoll-Ztr.

Im Jahre 1866 dürfte die wirkliche Produktion nicht ganz 3 Millionen Ztr. betragen haben.

Preußen.

Krupp in Essen(?) . . .	10	3—5 Tonnen	700 Tonnen
Stahlwerk zu Bochum . .	2 alte 2 neue	3 „ 5 „	300 „
Hörde bei Dortmund . . .	2	3 „	100 „
Pönsgen bei Düsseldorf . .	2	3 „	100 „
Königshütte in Oberschlesien	2	3 „	100 „
Oberhausen in Westfalen . .	2	4 „	160 „
			1460 Tonnen.

also jährlich 1,460,000 Zoll-Ztr. In Wirklichkeit kann im Jahr 1866 die Produktion nicht über 500,000 Ztr. betragen haben.

Frankreich.

Petin, Gaudet u. Compagnie (Loire)	2	6 Tonnen	220 Tonnen
Jackson u. Comp. zu Imphy-St. Seurin	2	5 „	200 „
Terre Noire	2	4 „	160 „
Gebrüder v. Dietrich in Niederbronn	2	3 „	100 „
Ménans u. Comp. zu Fraisens (Jura)	2	3 „	100 „
Chatillon und Commentry .	2	3 „	100 „
			880 Tonnen.

Würde einer jährlichen Produktion von 880,000 Ztr. entsprechen, die wirkliche Produktion ist auf etwa 400,000 Ztr. zu veranschlagen.

Oesterreich.

Stahlwerke.	Zahl der Konverter.	Mit Chargen von	pr. Woche
Südbahn-Gesellschaft zu Graz (Steiermark)	2	3 Tonnen	100 Tonnen
Turrach in Steiermark . .	3	2 "	60 "
Compagnie Rauscher zu Heft (Kärnthen)	2 schwedische 1 Oefen	2 " 3 "	120 "
Neuberg in Steiermark . .	1 1	3 " 4 "	120 "
Witkowitz in Mähren . . .	2	3 "	100 "
Reschitza im Banate . . .	2	5 "	150 "
			650 Tonnen.

Dieß würde einer jährlichen Produktion von 650,000 Ztr. entsprechen. Es sind aber im Jahr 1866 wirklich nur 200,000 Ztr. dargestellt.

Schweden.

Gesellschaft von Högbo in Sandviken	2 Konverter	4 Tonnen	160 Tonnen
C. Aspelin in Fagersto . .	3 schwed. Oef.	2 "	100 "
Karlsdahl	2 " "		
Siljansfors	2 " "		
Kloster	2 " "	1½—2 "	270 "
Gesellschaft von Dannemora	2 " "		
Söderanfors	2 " "		
			530 Tonnen.

entsprechend einem jährlichen Ausbringen von 530,000 Ztr. Die wirkliche Produktion 1866 hat jedoch kaum 150,000 Ztr. erreicht.

Die wirkliche Produktion an Bessemermetall in Europa im Jahr 1866 kann darnach auf reichlich 4 Millionen Ztr. angenommen werden.

Nach Angabe von Bessemer zählte Großbritannien im Jahr 1866 17 ausgedehnte Bessemerwerke mit 60 Konvertern, welche wöchentlich 121,800 Ztr. Metall zu liefern im Stande waren, im Preise von 6½ Rthlr. der Ztr.

Die Hauptverwendung des Bessemermetalls ist die zu Eisenbahnschienen, Tyres (Rad-Bandagen), Kesselblechen und ähnlichen Gegenständen. Vergleichende Versuche mit Schienen aus Prevalier

Bessemermetall und gewöhnlichem Stabeisen ergaben für die Bessemerschienen größere Dichtigkeit, Härte, Zähigkeit, relative Festigkeit und eine 10mal größere Elastizität. In Crewe, einer sehr großartigen, der Londoner Nordwest-Eisenbahngesellschaft gehörigen, mit Eisen- und Stahlwerken verbundenen Maschinenfabrik, ist die Thatsache konstatirt, daß gute Bessemerschienen 12 bis 15mal so lange brauchbar bleiben, als gewöhnliche aus Schmiedeisen. Eisenbahnschienen werden der Kostenersparung wegen meistens aus Bessemermetall und gewöhnlichem Stabeisen zusammengesetzt, so daß nur der Kopf oder die Bahn, welche allein der Abnutzung unterliegt, aus dem ersteren, der übrige Körper aber aus letzterem besteht. Kesselbleche gewähren den Vortheil, daß sie bei geringerer Dicke gleiche Festigkeit mit gewöhnlichen darbieten, der geringeren Dicke wegen aber die Wärme besser leiten. Bei Anwendung zu Panzerschiffen würden diese viel leichter ausfallen oder bei gleichem Gewichte eine weit größere Widerstandsfähigkeit besitzen.

Auch zum Bau eiserner Schiffe findet das Bessemermetall bereits vortheilhafte Anwendung. Einen Beweis für die Vortheilhaftigkeit der Bessemerstahlbleche für diesen Zweck liefert der Klipper Klytämnestra, der neuerdings in Liverpool gebaut ist. Der Rumpf dieses Schiffes von 1250 Tonnen Gehalt besteht ganz aus $^3/_8$zölligem Stahlblech und besitzt dadurch eine solche Festigkeit, daß es dem furchtbaren Sturme, der im Oktober 1865 Calcutta verheerte, zu widerstehen vermochte. Es wurde mehr als zwölfmal von anderen, durch den Sturm umhergeschleuderten Schiffen angerannt, verlor auch seine Masten, aber kein Leck zeigte sich, weil das Stahlblech unter den Stößen nachgab, ohne zu brechen.

Man hat ferner angefangen, das Bessemermetall zu den Heizröhren der Lokomotiven zu verwenden. Es empfiehlt sich dazu 1) durch die vorzügliche Qualität des Materials an und für sich, also durch größere Dauerhaftigkeit; 2) durch größere Steifheit als die der eisernen Röhren, weshalb sie, trotz weit geringerer Wandstärke, weniger dem Schwanken und Vibriren unterliegen, und sich daher besser in den Kesselwänden dicht halten; 3) der geringeren Wandstärke wegen ist ihr innerer Durchmesser, mithin auch die Heizfläche und die Dampfentwickelung größer. Die geringe Wandstärke, welche nur $^1/_2$ von jener der eisernen Röhren zu betragen braucht, beför-

dert die Wärmeleitung und vermindert das Gewicht, was besonders für Schiffkessel von Bedeutung ist.

Liebermeisters Stahlbereitung. Wir lassen schließlich noch ein von dem Dr. Liebermeister in Barmen erfundenes Verfahren der Darstellung von Gußstahl in einem Flammofen folgen, welches zwar, unseres Wissens, noch nicht zur Ausführung gekommen ist, aber in hohem Grade der Beachtung würdig scheint. Das in einem vertieften runden Herde befindliche Roheisen wird durch 12 in vertikaler Richtung darauf geblasene Gasflammen geschmolzen und entkohlt. Fig. 11 auf Tafel 121 zeigt den Ofen in vertikalem Durchschnitt. A der Herd, dessen Boden aus einer eisernen Platte besteht; in dem Gewölbe sind 12 Blasformen B,B angebracht, innerhalb welcher sich die für das Gas bestimmten Düsen aa befinden. Die durch das Rohr C einströmenden Generatorgase gelangen zunächst in das Reservoir D und von hier aus in die Düsen. Der Gebläsewind dagegen nimmt seinen Weg durch ein weiteres Rohr I um sich hier zu erhitzen, tritt in die Kammer E und von dieser in die 12 Formen. Es entstehen so, genau wie bei Gebläselampen der Laboratorien, 12 sehr heiße Gasflammen, welche in dem beschränkten Raume des Ofens jedenfalls eine außerordentlich hohe, zu dem Zweck genügende Temperatur erzeugen. F,F Abzugkanäle für die Flamme, welche in den weiten horizontalen Kanal G einmünden, um hier das Windleitungsrohr I zu erhitzen. H,H Schieber zur Reinigung der Kanäle F,F. Die Boden-Platte des Herdes wird mit einer festgestampften Lage feuerfesten Thons bedeckt. Das geschmolzene Roheisen soll stets von einer Schlackenschicht bedeckt seyn, welche jedoch nicht oxydirend wirkt, und nur aus Kieselsäure, Thonerde und Kalk besteht, während die Entkohlung durch ein zugesetztes Oxydationsmittel, namentlich das Schafhäutl'sche Pulver, bewirkt werden soll. Das Eisen soll durch tüchtiges Umkrücken mit dem Braunstein in innige Berührung gebracht, und wenn die Entkohlung weit genug fortgeschritten, in die eisernen Formen abgestochen werden.

Gußstahl. Die von F. Siemens gemachte, ebenso wissenschaftlich interessante, wie technisch, und wegen der Ersparung an Brennmaterial auch staatsökonomisch wichtige Erfindung seines Wärmeregeneratorofens ist von ihm unter anderen Anwen-

dungen auch als Ofen zum Stahlschmelzen in Tiegeln zur Geltung gebracht.

Indem wir hinsichtlich des Prinzips und der Einrichtung der Gasgeneratoren, so wie der Entwicklung der Generatorgase auf den Artikel „Eisenhüttenkunde“ im II. Bd. der Supplemente, S. 680 ff. verweisen, müssen wir uns hier auf eine kurze Beschreibung des Siemens'schen Gußstahlofens beschränken. Fig. 1 und 2, Taf. 125, zeigen einen vertikalen und einen horizontalen Durchschnitt desselben. Die in dem Generator A aus Braun- oder Schwarzkohlen entwickelten Gase nehmen ihren Weg durch den mit einer Klappe a versehenen Kanal B, von da mittelst der in der Zeichnung angenommenen Stellung der Ventilklappe b in den Raum c, von hier durch die Zwischenräume der glühenden Steine d in den Raum e und sodann auf den Herd C, auf welchem 20 Tiegel, jeder mit 60 Pfd. Stahl beschickt, Platz finden. Die Verbrennungsluft tritt auf der gegenüberliegenden Seite des Ofens bei D ein, nimmt ihren Weg in den Raum f, durch die glühenden Steine g, in den Raum h und von hier ebenfalls auf den Herd, wo sich nun Gase und Luft, beide im stark erhitzten Zustande, treffen und verbrennen. Die von dem Herde abziehende Flamme theilt sich rechts und links, um in die Räume i und k, von dort weiter durch die Steine l und m zu ziehen und diese zum Glühen zu bringen, dann durch die Räume n und o in die Kanäle p und q zu treten, und von da in den gemeinschaftlichen Schornstein abzuziehen. Haben sich nach Verlauf von etwa einer Stunde die Steine in d und g durch die hindurchstreichenden kalten Gase und Luft abgekühlt, dagegen die Steine in l und m bis zum starken Glühen erhitzt, so braucht man nur die Ventile b und r umzustellen, um der Luft und den Gasen die entgegengesetzte Direktion zu ertheilen, so daß sie nun wieder zuerst durch glühende Steine ziehen um sich zu erhitzen und, nachdem sie ihre Wirkung im Ofen gemacht haben, durch die vorher abgekühlten Steine abzuziehen und hier ihre Wärme abzusetzen. Es wird durch diese sinnreiche Einrichtung der größte Theil der im Ofen entwickelten Wärme, statt durch den Schornstein zu entweichen, zurückgehalten und in den Ofen wieder zurückgebracht, wodurch die Temperatur auf einen sehr hohen Grad gelangt und eine bedeutende Ersparung an Brennstoff erzielt wird. Ein Ofen dieser Art auf dem v. Mayr'schen

Stahlwerk in Leoben bewährt sich vortrefflich. Er verbraucht nicht mehr als das Dreifache des geschmolzenen Stahls an Braunkohlen und liefert in 6 Tagen 100 Ztr. Stahl. Als ein Uebelstand wird getadelt, daß sich die Tiegel oben stärker als unten erhitzen.

Die bedeutenden Kosten des Gußstahlschmelzens in Tiegeln, theils durch die Vergänglichkeit der Tiegel, die nur 2 bis 3, sehr selten bis zu 6mal gebraucht werden können, theils durch den Verbrauch an Brennmaterial herbeigeführt, haben schon lange zu Versuchen veranlaßt, das Schmelzen in einem Flammofen mit vertieftem Herde und unter einer neutralen, kein Eisenoxydul haltenden, daher auch nicht entkohlend wirkenden Schlackendecke vorzunehmen; bis jetzt aber haben diese Bestrebungen nur unbefriedigende Resultate gegeben, theils wegen der zu schnellen Abnutzung des Herdes und der Ofenwände, theils wegen der Ungleichmäßigkeit der Produkte.

Sehr ausgedehnte Versuche, dieses Problem betreffend, sind im Jahr 1862 auf Anordnung des Kaisers Napoleon zu Montataire ausgeführt worden. Man wandte zur Schmelzung des Stahls einen Flammofen, als Brennmaterial Steinkohle, und zur Bedeckung des Stahls als Schlacke grünes Bouteillenglas an, und brachte so bedeutende Massen, bis zu 600 Kilogramm, Stahl zum Schmelzen. Es ergaben sich dabei die folgenden Resultate: Selbst ganz weicher Stahl kam leicht zum Schmelzen, ohne seine Qualität zu ändern. Leicht gekohlter Stahl kam bei größter Quantität in 4 Stunden bei einem Aufwande von 2 Kohle auf 1 Stahl leicht zum Schmelzen, man vermuthete jedoch, mit einem noch geringeren Aufwand an Kohle auskommen zu können, dieselbe Schlacke konnte wiederholt benutzt werden; der geschmolzene Stahl floß beim Abstechen leicht und in ununterbrochenem Strom aus. Ein aus gewöhnlichen, guten feuerfesten Steinen konstruirter Ofen hielt 8 Tage aus, während welcher Zeit 30 Schmelzungen ausgeführt werden konnten. Die Produktionskosten sollen um $^2/_3$ reduzirt werden, denn, während in Frankreich bei der Tiegelschmelzung 1000 Kilogr. Stahl auf 150 bis 200 Franken zu stehen kommen, betragen die Kosten beim Schmelzen im Flammofen nur etwa 60 Fr.

Da trotz dieser, anscheinend glänzenden Ergebnisse das Verfahren nicht weiter in Anwendung gekommen ist, muß man ver-

muthen, daß das Produkt doch wohl nicht den Erwartungen entsprochen habe.

Die größte Sorgfalt ist dem Eingießen des Gußstahls in die Formen zuzuwenden, um möglichst dichte, blasenfreie Güsse zu erzielen. Es entwickeln sich nämlich beim Erstarren des Stahls Gase, deren Ursprung von Einigen der Einwirkung kleiner Schlackentheile auf den Kohlenstoff des Stahls, mithin der Bildung von Kohlenoxyd, von Anderen der Eigenschaft des Stahls zugeschrieben wird, im geschmolzenen Zustande Kohlenoxyd zu absorbiren und dieses beim Erstarren wieder auszuscheiden. Es ist besonders der weiche, daher auch der Bessemer-Stahl, welcher diese böse Eigenschaft besitzt und beim Eingießen in die Formen oft so stark steigt, daß man sie durch rasches Aufschütten von Sand und Aufkeilen einer Eisenplatte zu schließen sucht, um das Steigen zu verhindern. Harte, kohlenstoffreiche Stahlsorten, so der aus Zementstahl dargestellte Gußstahl, besitzen diese Unart in weit geringerem Grade. Als Gegenmittel wird empfohlen, den Stahl vor dem Gießen so weit abkühlen zu lassen, daß er nur noch eben flüssig bleibt, oder auch, in derselben Absicht, ihn langsam in dünnem Stahl auszugießen.

Die Schwierigkeit der Herstellung gleichförmiger dichter Güsse wächst mit der Größe derselben, weil der Stahl länger im flüssigen Zustande, also der Gefahr des Blasigwerdens ausgesetzt ist.

Die Leistungen des Krupp'schen Stahlwerkes zu Essen, so wie des Stahlwerkes zu Bochum, welches letztere besonders durch kolossale Stahlgüsse, namentlich Glocken, sich auszeichnet, sind weltbekannt. Das Krupp'sche Stahlwerk, welches den Rohstahl theils durch Puddeln, theils durch den Bessemerprozeß bereitet, soll zum Umschmelzen desselben 400 Stahlöfen mit je 2 bis 24 Tiegeln von 70 Pfd. Inhalt besitzen, welche wöchentlich an 14,000 Ztr. Rohguß liefern. Als Beispiele seiner Leistungen hatte Krupp schon 1862 in London einen Gußstahlblock von 40,000 Pfd., 8 Fuß lang und 44 Zoll im Durchmesser, im Innern ganz blasenfrei, ferner außer mehreren kleineren, eine Gußstahlkanone, 18,000 Pfd. wiegend, ausgestellt. Dasselbe Stahlwerk lieferte zur Ausstellung in Paris 1867 einen kolossalen Stahlblock von 80,000 Pfund und den berühmten Tausendpfünder von 100,000 Pfund Gewicht. Diese kolossale Kanone ist aus mehreren über einander geschobenen, aus Gußstahl geschmiedeten

sehr genau abgedrehten Rohren von abnehmender Länge zusammengesetzt. Ueberhaupt sind alle aus der Krupp'schen Fabrik hervorgegangenen Gegenstände, selbst die größten Kanonen, aus gegossenen Blöcken durch Ausschmieden unter riesigen Dampfhämmern, deren größter ein Gewicht von 800 Zentner besitzt, hergestellt.

Zusätze zum Gußstahl. Außer den schon im Hauptwerke angeführten hat sich der Zusatz von Wolfram besonders bewährt. Mushet bereitet den Wolframstahl folgendermaßen: Er glüht das Wolframmineral in wallnußgroßen Stücken 72 bis 96 Stunden lang zwischen Kohlenpulver in einem Zementirofen, schmelzt das reduzirte Wolfram nach gehöriger Zerkleinerung mit dem vierfachen Gewichte Spiegeleisen in einem Tiegel zusammen und läßt die Legirung in einen Ofen ab, wo er sie mit vorher theilweise entkohltem Roheisen mischt.

Der Gehalt des im Handel vorkommenden Wolframstahls an Wolfram ist sehr variirend. In zwei sehr vorzüglichen Sorten aus der Gußstahlfabrik zu Döhlen bei Dresden fand Sauerwein resp. 4,75 und (in weicherem, gewöhnlichem Werkzeugstahl) 0,9 Proz. Wolfram. Der Wolframstahl ist von gewöhnlichem Gußstahl durch einen eigenthümlichen tafftartigen schillernden Glanz der Bruchflächen unschwer zu unterscheiden. Die Urtheile über seine Vorzüge, gewöhnlichem Gußstahl gegenüber, sind abweichend. Während behauptet ist, daß man guten gehärteten Huntsmanstahl mit Drehstählen aus Wolframstahl abdrehen könne, fand Appelbaum diese Behauptung übertrieben. Mochte man letzteren härten, wie man wollte, so wurde gehärteter Huntsmanstahl nicht im Geringsten davon angegriffen. Uebrigens ergaben Versuche seine Leistungsfähigkeit höher als die des englischen Gußstahls, auch soll er nach demselben Beobachter sich durch leichtere Schweißbarkeit ohne künstliche Schweißmittel auszeichnen. Seine Härtung ist schwieriger, und er muß dabei stärker erhitzt werden als andere Stahlsorten, nämlich zwischen hellroth und weiß. Wolframstahl aus dem Mayr'schen Gußstahlwerk zu Kapfenberg in Steiermark zeigte bei Versuchen in der mechanischen Werkstätte der Marschule in Würzburg, rothwarm gemacht und abgelöscht, große Härte. Zu Drehstählen verarbeitet verhielt er sich hinsichtlich der Dauerhaftigkeit wie Gußstahl. Zwei im Feuer sorgfältig behandelte Kaltmeißel hielten die feine Schneide länger als Gußstahl

meißel, bekamen aber bei weniger sorgfältiger Behandlung leicht Härterisse.

Es wird wohl noch vielfacher Erfahrungen, namentlich auch der Berücksichtigung des Gehaltes an Wolfram bedürfen, bevor sich ein endgültiges Urtheil fällen läßt. Uebrigens kommen im Handel sogenannte Wolframfeilen vor, welche nicht eine Spur dieses Metalls enthalten.

Titanstahl. Mushet gibt zur Darstellung desselben eine ähnliche Vorschrift, wie die vorhin angegebene zum Wolframstahl. Er benutzt dazu den vor einigen Jahren in Taranaki, in der Nähe des Hafens New-Plymouth in Neuseeland gefundenen Iserin (Titaneisenstein), welcher dort in Form eines schwarzen Sandes ein Lager bildet, und 11,43 Prozent Titansäure enthält. Er mischt ihn mit $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ Kohlenpulver und erhitzt die Mischung in einem Zementirkasten 72 bis 96 Stunden lang. Er nimmt nun Blasenstahl, Stahlspäne, Puddel- oder Gußstahl, oder ein Gemenge dieser verschiedenen Stahlsorten, zertheilt die Stücke durch Zerbrechen oder Granuliren. vermischt sie mit dem reduzirten Iserin und schmelzt Alles in Tiegeln zusammen. Ein Verhältniß von 1 reduzirtem Iserin auf 20 Stahl soll ein vorzügliches Resultat geben. Nöthigenfalls fügt er zur Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes ein wenig Holzkohle, Pech oder Harz hinzu. Weitere Erfahrungen über die Beschaffenheit dieses Stahls liegen noch nicht vor.

Prüfung des Stahls. Wir lassen zum Schluß die auf langjährigen Erfahrungen beruhende Anleitung des Hrn. Werkskontrolors Emilian Resch zu Reichenau zur Prüfung des Gußstahles folgen.

A. Für harten Stahl:

1) Ein gut abgeschmiedetes Stück, $\frac{5}{4}$ Zoll Quadrat, schweißwarm in Wasser abgelöscht, muß den Sinter ganz abwerfen, eine reine lichte Oberfläche zeigen, und auch nach einigem Liegen keine Sprünge erhalten.

2) Erhitzt man ein Stück safrangelb und hämmert es so lange bis es nur noch dunkel glüht, so darf es weder seinen Zusammenhang verlieren noch auch nur Kantenrisse zeigen.

3) Ein gewalztes flaches Gußstahlstück (Meißelstahl) soll, im Feuer zu einem schneidigen spitzwinkligen Meißel geschärft, braunroth

erhitzt und gehärtet, an der Schneide so viel Härte besitzen, daß es Schmiedeisen noch angreift und daß sich die Schneide mit einem Hammer noch etwas einschlagen läßt, ohne auszuspringen. Dagegen soll es, bei Kirschrothglühhitze gehärtet, hartes Gußeisen bearbeiten, ohne leicht auszuspringen. In beiden Fällen soll der Stahl nur zur strohgelben Farbe angelassen sein.

4) Man schmiedet ein Dreheisen, an einem Ende ganz rechtwinklig durch anhaltendes Naßhämmern abgerichtet, wobei man das Hämmern bis zum Verschwinden des Glühens fortsetzt. Wenn dann nach dem Schleifen der Endkanten der Stahl hellroth erhitzt und gehärtet wird, muß er eine Hartwalze angreifen ohne auszuspringen oder bald stumpf zu werden. Das andere Ende, ohne Dichthämmern gehärtet, darf an grauem Guß oder gewöhnlichem Stabeisen, wie auch an ungehärtetem Stahl weder abspringen, noch sich leicht abnutzen.

5) Die Schärfe gebrauchter Werkzeuge darf keine ungleiche Abnutzung zeigen.

B. Weicher Gußstahl:

6) In safrangelber Hitze abgeschmiedet, umgebogen und zusammengeschlagen muß das Stück ganz und ohne Kantenrisse bleiben.

7) Eine im Querschnitt keilförmige, messerartige Lamelle von 30 Zoll Länge, kirschroth mit dem Rücken zuerst horizontal in kaltes Wasser, dann sofort vertikal ganz eingetaucht, darin mit dem dickeren Rücken voraus spiralförmig herumgeführt, darf nicht stark verzogen sein, und, falls dieß dennoch in geringem Grade der Fall sein sollte, muß sie sich mit Behutsamkeit leicht richten lassen, ohne abzuspringen. Nach dem Anlassen muß sie vollständig gerichtet werden können.

C. Proben für harten und weichen Stahl:

8) Ein Stück, safrangelb erhitzt, langsam erkalten gelassen, dann, nach dem Einhauen mit einem Schrotmeißel rasch abgeschlagen, muß einen gleichförmigen Bruch, ohne alle Texturverschiedenheit zeigen.

9) Flache und prismatische Stücke hellrothglühend gehärtet, müssen eine von Rissen freie Oberfläche zeigen, und abgeschlagen eine ganz gleichförmige feinkörnige Bruchfläche zeigen.

Hinsichtlich des Härtens werden folgende Bemerkungen gemacht:

Es gehört ein sehr geübtes Auge dazu, die geringen Unterschiede zwischen Rosenroth, Hellroth und Kirschroth genau zu erkennen, um jedem Stahl die ihm angemessene Hitze zu geben.

Das Feuer soll nur mit kleinen, durchaus gleichen Kohlen gemacht sein, und keine größeren Höhlungen enthalten, um den Stahl ganz gleichmäßig zu erhitzen. Alle Kohlen müssen sich in voller Gluth befinden, wenn das Stück eingelegt wird, um eine möglichst rasche Erhitzung zu bewirken. Bei ungleich starken Stücken hat man die dickeren Theile zuerst zu erwärmen. Die vorgeschriebene Glühfarbe ist noch im Feuer, bei einer halben Dunkelheit des Ortes, zu beobachten, nicht nach dem Herausnehmen des Stücks. Die Menge des Härtewassers muß im Verhältniß zur Stahlmenge stehen.

Der Verfasser dieses Artikels kann noch hinzufügen, daß ihm, als Beweis der außerordentlichen Zähigkeit des Krupp'schen weichen Kanonengußstahls eine ¼ Zoll dicke, 2 Zoll breite, blank gefeilte Schiene dieses Stahls vorliegt, welche an beiden Enden kalt umgelegt und fest zusammengehämmert ist, ohne eine Spur von Rissen zu zeigen. Eine andere ½ Zoll dicke, ebenfalls 2 Zoll breite Schiene ist, allerdings heiß, der Breite (nicht der Dicke) nach ganz umgelegt und zusammengehämmert, ebenfalls ohne alle Risse.

Eine, wenn auch für die gemeine Praxis nicht bestimmte, Methode der Ermittlung des Härtegrades der Stahlsorten beruht auf der Ermittlung der Koërzitivkraft auf elektromagnetischem Wege, und ist von A. v. Waltenhofen den folgenden Bestimmungen zu Grunde gelegt:

Stahlsorten.		Induktionskoëffizient.	Koërzitivkraft und Härtegrad.
Wolframstahl, glashart		1,000	100
Gußstahl	"	1,068	94
Huntsmanstahl	"	1,287	78
Manganstahl	"	1,336	75
Engl. Rundstahl	"	1,423	70
Fischerstahl	"	1,535	65
Sonnenstahl	"	1,634	61
Gußstahl, gelb angelassen		2,214	45
Engl. Rundstahl	"	3,002	33

Gußstahl, blau angelassen	3,780	26
Engl. Rundstahl ungehärtet	4,005	25
Engl. Stahldraht	5,564	18

Heeren.

Stickerei-Maschinen.

Bei Anfertigung eigentlicher gestickter Waaren werden Maschinen in zweifacher Hinsicht benutzt, nämlich A) zu mechanischer Ausführung des Stickens selbst: die Stickmaschine, und B, zur Herstellung der Vorzeichnungen für Handstickerei, die Stüpfelmaschine oder Schablonenstechmaschine.

A) Stickmaschine.

Unter Sticken im engeren Sinne wird diejenige Arbeit verstanden, bei welcher ein Faden mittelst einer Nadel durch einen Stoff (Gewebe, Netzgrund, Leder ꝛc.) geführt, mit derselben auf einer dem Muster nach vom Durchstiche abweichenden Stelle auf die erste Seite zurückgezogen, von da wieder an einem andern Punkte nach der ersten Richtung durchgeführt und so fortgefahren wird. Es ist nun einleuchtend, daß der Stickfaden hierdurch in verschiedenen Längen und Lagen neben- und übereinander gelegt werden kann, wie es eben das Muster erheischt, wonach die Stickerei angefertigt wird. Obwohl nun hiernach die Letztere auf beiden Seiten gleich erscheinen müßte, so wird doch meist nur diejenige Seite, bei welcher sich die Fadenlegung vollständiger übersehen und herstellen läßt, als die rechte genommen. Je nach der hierbei stattfindenden Lage und Länge des Stickfadens, und ob die Stickerei durchbrochen oder erhabener ausgeführt werden soll, ob der Stickfaden dabei verschlungen wird, oder ob einzelne besonders gestickte Theile aufgenäht werden, unterscheiden sich eine Reihe verschiedener Stickmanieren, als: Platt-, Lang-, Perl-, Kreuz-, Stepp-, Hohl- oder à jour-Stich, Schling- oder Festonstich (Knopflochstich), Relief- oder Hochstickerei, Point d'armes, Point d'Alpes etc.

Von diesen Stickmanieren oder Stichen kommen für die Stickmaschine hauptsächlich der Platt-, Lang-, Hohl- und Festonstich in Anwendung.

Im weiteren Sinne werden allerdings auch solche Arbeiten als Stickereien bezeichnet, bei welchen der Stickfaden den Stoff nicht auf beiden Seiten gleichförmig umschlingt wie z. B. beim Tambouriren mit Hakennadel. Es könnte hiernach ein ähnlicher Unterschied, wie zwischen broschirten und genadelten Geweben gemacht werden, indem die Stickerei mit der Nadel (la broderie à l'aiguille ou la broderie au plumetis) den broschirten und die mit dem Häkchen (la broderie au crochet) den genadelten Geweben entspricht.

Obschon nun durch die mit dem Webstuhle verbundenen Broschirvorrichtungen, den sogenannten Broschirladen, Gewebe dargestellt werden können, welche der Stickerei ganz ähnlich sind, indem bei Anfertigung von Baumwollen-, Wollen- oder Seidenstoffen die für die Muster gehobenen Kettenfäden durch Spulen oder kleine Schützen vollständig umschlungen werden, so beruht der Unterschied, soweit auch immer Erzeugnisse durch Weberei und Stickerei ähnlich hergestellt werden können, doch darin, daß die der letzteren nicht mit dem Gewebe selbst, sondern vielmehr an dem schon fertigen Gewebe ausgeführt werden. Hierin liegt zugleich die Ursache zu einem weit größern Spielraume für künstliche Stickereien.

Ein ähnliches Verhältniß gilt zwischen den genadelten Geweben und den tambourirten Stickereien; erstere werden beim Weben selbst mittelst Nadelstäben, letztere mit der Tambourirnadel im Gewebe erzeugt. Bei beiden findet aber eine vollständige Umschlingung mit dem Broschir- oder Stickfaden nicht statt. [1]

Zur Ersparung an Stickmaterial, namentlich bei Gold- und Seidenstickereien, werden die Stickfäden öfter auch nur auf der oberen Seite aufgelegt und mit ihren Enden in den Kontouren durch Umnähen festgehalten, ganz ähnlich wie bei den genadelten Geweben die auf einer Seite liegenden Musterfäden gebunden werden.

Mehrfarbige Stickerei mit Wolle oder Seide auf glattem Gewebe, auf Kannevas oder auf anderem netzförmigen Grunde dargestellt, ist schon seit den ältesten Zeiten in Gebrauch gewesen. Allgemeiner und

[1] Beschreibung des Nadelstabes und der Plattstichmaschine in Prechtl's Encyklopädie Bd. 20 S. 478; — der Broschirvorrichtungen, vorzugsweise für kleinere Muster bei der Weißwaarenfabrikation und resp. Buntweberei im sächsischen Voigtlande, sowie des Stichstabes 2c. in den Mittheilungen des Gewerbe-Vereins für das Königreich Hannover 1855 und 1856.

von industrieller Bedeutung sind diese Stickereien aber erst geworden, seit die dazu dienenden und in der Regel kolorirten Stickmuster (Vorlagen) selbst fabrikmäßig und in den mannichfaltigsten Formen und Farben angefertigt werden. Nach solchen Mustern werden gegenwärtig farbige Stickereien auf Geweben aus Wolle und Seide und namentlich auf Tuch, Kaschmir, Thibet, Sammt, Taffet, Atlas sowie auch sehr häufig auf baumwollenem Stramin zu Tüchern, Westen, Möbelüberzügen, Teppichen, Kissen, Taschen, Schuhen und mannichfachen Luxusgegenständen dargestellt. Als Stickmanier dient meist der Platt- oder der Kreuzstich oder das Tambouriren, und als Stickmaterial: Wolle, Seide, Gold- und Silberfäden, Chenille, Perlen. Und weil diese Arbeiten vorzugsweise in den lebhaftesten bunten und schattirten Farben und oft nach den reichsten Mustern ausgeführt werden, bezeichnet man sie als Bunt- oder Prachtstickerei oder als Tapisserie-Arbeit.

Von den ebengenannten Stickereien unterscheidet sich die Weißzeugstickerei nicht sowohl durch abweichende Stickmanieren, als vielmehr durch Verwendung der überhaupt als Weißwaaren bezeichneten verschiedenen Grundstoffe; diese sind z. B. leinener oder baumwollener Battist, Jaconet, Kambrik, Musselin, Mull, Gaze, Tüll, Bobbinnet 2c. Derartige Stickereien waren schon längst in Frankreich und in der Schweiz heimisch und in hohem Grade ausgebildet; in Deutschland ist vorzüglich Sachsen und Württemberg der Sitz derselben geworden. Durch die Weißstickerei, welche in der Schweiz seit länger als 100 Jahren (1758) eingeführt worden ist, sind sowohl dort als auch in Frankreich und Sachsen sehr zahlreiche und ausgebreitete Stickereigeschäfte entstanden, welche Tausende von Handstickerinnen beschäftigen.

Wie aber in allen Industriezweigen die Konkurrenz immer mehr dazu hingetrieben hat, die technischen Fortschritte und namentlich die des Maschinenbaues zu größeren und vollständigeren Leistungen zu benutzen, so ist es auch mit der früher lediglich als Hausindustrie betriebenen Handstickerei der Fall gewesen: auch gegen sie trat die Maschine in die Schranken und gewann dadurch festen Boden, indem sie gerade diejenigen Theile der Arbeit aufnahm, bei welchen der Lohn für Handstickerei bis auf ein Minimum herabgegangen war.

Die erste eigentliche und überaus sinnreich konstruirte Stickmaschine

erfand Josua Heilmann in Mühlhausen. Obschon dieselbe bei Gelegenheit der Pariser Industrieausstellung im Jahre 1834 das vielseitigste Interesse erregte, und bald darauf auch einzelne dieser Maschinen nach der Schweiz, England, Schottland und Sachsen geliefert worden waren, so vergingen doch Jahre, ehe dieselben zuerst in der Schweiz bis zu dem sicheren Gange gelangten, daß sie mit 130 und mehr gleichzeitig arbeitenden Nadeln ein der Handstickerei gleiches Produkt lieferten. Nachdem dieses Ziel erreicht war, übernahm eine St. Gallener Maschinenfabrik den Erbau von Stickmaschinen und 1845 arbeitete bereits ein dortiges Etablissement mit denselben. Im Jahre 1857 waren in St. Gallen und Umgegend schon gegen 200 solcher Maschinen im Gange und gegenwärtig haben sie sich dort so verbreitet, daß man deren Zahl zu 1500 annimmt.

Die ersten von Heilmann erbauten Stickmaschinen waren dem praktischen Gebrauche schon sehr nahe geführt. Es sind daher auch die von ihm zu Grunde gelegten Mechanismen und die Bauart der Maschine beibehalten, und dieselbe nur in einzelnen Theilen verbessert worden. Es erscheint daher gerechtfertigt, die Heilmann'sche Konstruktion in ihrer ursprünglichen Form obenanzustellen.

Mit Bezug auf das Charakteristische der Handstickerei, hat die Maschine nicht nur dasselbe zu verrichten, sondern sie muß es auch zur Erzielung größeren Vortheiles mit einer möglichst großen Anzahl von Nadeln gleichzeitig ausführen. Da es aber ungleich schwieriger und weniger sicher sein würde, alle gleichzeitig einstechenden Nadeln um das entsprechende Maß zu versetzen, wie es beim Sticken mit Hand geschieht, so wird bei der Heilmann'schen Maschine das in einem balancirten Rahmen eingespannte Zeug in dem Maße selbst bewegt, wie es zwei aufeinander folgende Stickstiche bedingen, während alle Nadeln stets in derselben Horizontal- und Vertikalebene durch den Stoff geführt werden. Die dem Muster angemessene jedesmalige Verschiebung des Zeugrahmens erfolgt nun durch die sinnreiche Anwendung des Pantographen oder Storchschnabels in der Weise, daß ein Griffel am längeren Arme desselben auf einer das vergrößert gezeichnete Stickmuster darstellenden Schablone, und zwar auf die Endpunkte des jedem Stickfaden entsprechenden Schraffirstriches aufgesetzt wird, während der kürzere Arm die auf das wirkliche Maß des Stickfadens reduzirte Bewegung auf den Zeugrahmen überträgt.

Das gemeinschaftliche Durchstechen aller Nadeln durch den Stoff wird durch Zangen verrichtet, welche sich auf Wagen befinden, die auf beiden Seiten gegen den senkrechten Zeugrahmen auf Eisenbahnen vor- und rückwärts geführt werden. Die an beiden Enden zugespitzten und in ihrer Mitte mit einem Oehre und dem Stickfaden versehenen Nadeln werden beim Hinfahren des Wagens gegen den Zeugrahmen durch die Zangen festgehalten, welche sich aber nach dem Durchstechen des Stoffes sofort öffnen, so daß die Zangen des anderseitigen Wagens die durchgestochenen Nadeln erfassen und die Stickfäden beim Wagenrückgange durchziehen. Es ist hiernach einleuchtend, daß die Zangen die beim Handsticken arbeitenden Finger vertreten.

Zur Bedienung dieser Maschine, auch bei größerer Nadelzahl als der oben angegebenen, sind zwei Mädchen und ein Sticker erforderlich, der jedoch gehörige Uebung besitzen muß; denn er muß mit der einen Hand den Zeigerstift des Pantographen auf der vergrößerten Schablonenzeichnung des Musters führen, während er mit der andern durch Umdrehung einer Kurbel die verbundene Vor- und Rückbewegung der Wagen und somit das Durchstechen und Durchziehen aller von den Zangen gehaltenen Nadeln verrichtet. Ferner muß er aber noch, indem er abwechselnd seine Füße auf den einen oder andern der zwei Tretschämel setzt und so den Wagenwechsel bewirkt, gleichzeitig sämmtliche Zangen des ersten Wagens, welche die durch den Stoff gestochenen Nadeln loszulassen haben, öffnen, und zugleich alle entgegenstehenden Zangen des zweiten Wagens, welche die halbdurchgestochenen Nadeln zu erfassen und nach der entgegengesetzten Seite auszuziehen haben, schließen. Da die Fäden aller Nadeln, welche in der Maschine arbeiten, sich nach und nach immer mehr verkürzen, so haben die beiden bedienenden Mädchen während dem Nadeln einzufädeln, erstere gegen solche gleichzeitig auszuwechseln und zugleich auf etwaige Störungen an den Nadeln zu sehen. Macht der Sticker täglich 2500 Vor- und Rückgänge der Wagen und demnach ebensoviel Stiche oder Umschlingungen des Stoffes, so leistet eine derartige Maschine mit 130 Nadeln nahe ebensoviel als 15 geübte Handstickerinnen.

Nach dieser allgemeinen Angabe über die Anordnung der Heilmann'schen Stickmaschine folgt zunächst die spezielle Beschreibung der Haupttheile derselben. Diese sind:

1) Das Gestell mit den Wagenbahnen.
2) Der durch Gegengewicht balancirte Zeugrahmen mit dem zu seiner reduzirten Bewegung dienenden Storchschnabel.
3) Die Wagen mit den Nadelzangen und
4) das Trittwerk zur Umwechselung der Wagenbewegung, bei welcher zugleich das Oeffnen und Schließen der Nadelzangen stattfindet.

Für die nachfolgende Beschreibung der Heilmann'schen Stickmaschine sind die Taf. 126 und 127 zu Rathe zu ziehen und es sind die Figuren 1 bis 5 im zehnten Theile, die Figuren 6 bis 11 und Fig. 13 im fünften Theile der natürlichen Größe und Fig. 12 in dieser selbst verzeichnet. Im weitern Verfolge des gegenwärtigen Abschnittes wird auf Taf. 128 Bezug genommen werden, welche nach ununterbrochen fortlaufender Numerirung die Fig. 14 bis 27 enthält.

1. Das Gestell mit den Wagenbahnen.

Das gußeiserne, gut fundamentirte Gestell besteht aus zwei symmetrischen, rahmenförmigen Seitenwänden ABBA und A'B'B'A' mit den höheren und rechteckigen Mittelstücken ADCA und A'D'C'A' Fig. 1 und 2. Den durchgehends gleichen, winkelförmigen Rippenquerschnitt der senkrechten und horizontalen Wandtheile zeigt Fig. 1. mit einem Fuße a zum Verbolzen auf dem Fundamente. Nahe über diesen Füßen sind die senkrechten Gestellsäulen durch eiserne auf dem Boden aufliegende Querbalken A'' und diese zu mehrerer Stabilität des Ganzen noch durch bogenförmige Streben a'' mit den Gestellwänden ebenfalls durch Verschraubung verbunden. Ebenso sind die höheren Mittelstücke der Gestellwände oberhalb bei D und D' durch einen rinnenförmig gerippten Querbalken D'' vereinigt. Fig. 3 zeigt an ihrem oberen Theile einen Querschnitt dieses Balkens, von dem man in Fig. 1 den hinteren Rand durch eine punktirte Linie angedeutet sieht. Mit dem Gestelle sind die beiden vollkommen horizontalgelegten Bahnschienen K zur Wagenbewegung verbunden. Diese Bahnen zeigt Fig. 5 im Grundrisse. Die Vorsprünge k derselben sind auf horizontalen Tragbalken und diese selbst wieder an den Gestellsäulen verbolzt.

Fig. 1 zeigt die abgekürzte Vorderansicht des Aufrisses, linker

Hand mit dem Trittwerke zum Wagenwechsel, da auch bei längeren Nadelreihen die Anordnung aller übrigen Theile dieselbe bleibt. Für 260 Zangen und 130 Nadeln war die Heilmann'sche Maschine $2^1/_2$ Meter lang, die Breite derselben aber etwas über 2 Meter, so daß die Nadeln anfänglich mit einer Fadenlänge von 1 Meter arbeiteten.

2. Der Zeugrahmen mit dem Storchschnabel.

Der hölzerne Zeugrahmen mit den senkrechten Seiten FF und den horizontalen F'F', trägt vier mit Sperrrädern g versehene hölzerne Walzen GG, wovon das obere Walzenpaar den Stoff für die oberen und das untere den für die unteren arbeitenden Nadelreihen in gehörigem Grade ausspannen oder auch auf die eine oder andere Walze aufrollen läßt, je nachdem der eine entsprechende Sperrkegel oder auch beide ausgehoben werden. Da aber die Zapfen der mittleren Walzen nicht in einer und derselben vertikalen Ebene wie die der äußeren liegen, so würde auch der Stoff G'' eine schiefe Richtung gegen die der Nadeln annehmen, weshalb derselbe durch zwei eiserne, in den Rahmenseiten befestigte Schienen G' genau in die Ebene der Rahmenmitte gebracht wird. Der Rahmenbreite nach erfolgt die Anspannung des Stoffes durch kleine messingene Klammern, an welchen Schnüre befestigt sind, um damit die Kanten des Zeuges nach den Rahmenseiten FF hinzuziehen.

Die bereits oben angedeutete sinnreiche Anwendung des Pantographen für allseitige Bewegung des Zeugrahmens in senkrechter Ebene ist mit Bezug auf Fig. 1 näher zu erläutern. Der Storchschnabel besteht aus vier durch Scharniere zu einem Parallelogramm b b' f b'' verbundenen Eisenstäben, welche verschoben und somit die Winkel des Parallelogramms in verschiedene stumpfe und spitze abgeändert werden können. Die beiden äußeren Seiten b b' und b b'' sind bis zu den Punkten d und c verlängert, welche letztere so gewählt sind, daß die Verbindungslinie c d durch den b entgegengesetzten Eckpunkt f geht, der hier zugleich der Befestigungspunkt des Storchschnabels mit dem Zeugrahmen ist. Nach dem Prinzipe, auf welches sich die Konstruktion des Pantographen stützt, genügt es, wenn drei Punkte c, f und d bei einer einzigen Stellung des Parallelogramms in einer geraden Linie liegen, um zu bewirken, daß sie bei allen möglichen Stellungen desselben in gerader Linie bleiben. Welche Verschiebung

dann auch das Parallelogramm erhalten mag, so tritt doch immer ein gewisses, auch für jede anderweite Verschiebung stets gleichbleibendes Verhältniß der Linienstücke b″c : b″f = b′f : b′d ein, da die Dreiecke b″cf und b′fd einander ähnlich sind. Wird daher der Punkt c nach c′ versetzt, so wird das Parallelogramm mit den obengenannten Dreiecken in die durch Punktirung angegebene Lage versetzt, die Dreiecke bleiben jedoch ähnlich und die verglichenen Seiten in einem dem obigen gleichen geometrischen Verhältnisse. Ganz dasselbe ist der Fall, wenn der Punkt c nach c″ versetzt wird, wobei dann der Punkt f nach f″ gelangt. Auch bei dieser wie bei jeder andern Stellung stehen die Seiten beider Dreiecke doch immer in demselben gleichen Verhältnisse, wie bei den vorher angegebenen Stellungen. Bei der Heilmann'schen Stickmaschine ist nun das Verhältniß der größeren zu der kleineren Dreiecksseite oder b″c:b′f wie 6 zu 1 gewählt und ist auch für die Folge so beibehalten worden. Wenn daher der Punkt c irgend eine Linie oder einen Umriß beschreibt, so besitzen die vom Punkte f beschriebenen Linien 1/6 der Länge, während das Verhältniß der Flächen im Quadrate der Verjüngung steht. Es ist daher einleuchtend, daß, wenn der Sticker den Punkt c oder den Griffel cC″ Fig. 2 mittelst des Handgriffes B″ auf den Schraffirungsstrichen und Kontouren der auf der Tafel E (Fig .1) befestigten Schablonenzeichnung führt, der Befestigungspunkt f des Rahmens und folglich dieser mit dem Stoffe selbst gleichzeitig Wege beschreibt, die 1/6 der Größe von der des Griffels sind. Wenn daher der Sticker den Griff B″ mit der Hand faßt und ihn nach irgend einer Richtung bewegt, so beschreibt der Punkt f einen Weg, welcher dem vom Punkte c durchlaufenen ganz ähnlich, aber 6 mal kleiner ist. Da sich aber mit dem Punkte f gleichzeitig auch der Rahmen mit dem Stoffe bewegt, so beschreibt mithin auch jeder Punkt des Gewebes eine Figur, welche der des Punktes f gleich und der vom Punkte c beschriebenen ähnlich, der Fläche nach aber quadratisch kleiner ist. Da aber die verkleinerte Figur auf dem Stickereigrunde in umgekehrter Lage entsteht, so ist eine quadratisch 6fach größere Musterzeichnung als Schablone auf der Tafel E in umgekehrter Lage anzubringen. Wird nun der Griffel auf den einzelnen Linien der Zeichnung bis zu den Endpunkten geführt, so erhält der Rahmen mit dem Stoffe diejenigen Stellungen für das Einstechen der Nadeln, daß die Länge

und Lage der Stickfäden den mit dem Griffel durchlaufenen Linien entspricht.

Fig. 3. zeigt den Querschnitt der oberen und unteren Seite F' des Rahmens sowie das Stück F'' zu dessen Bolzenbefestigung mit dem Pantographen, Fig. 2 aber das Profil von den Seiten und Scharnieren des letzteren, welche zu größerer Genauigkeit und Festigkeit dergestalt verbunden sind, daß die Mitte ihrer Dicke sich genau in der senkrechten Ebene des zu stickenden Stoffes befindet, und die Achsen der Scharniere auf diese Ebene vollkommen senkrecht stehen, folglich auch alle Verschiebungen in dieser Ebene stattfinden. Es wird dies dadurch erzielt, daß das am oberen Querstück D'' befestigte Kniestück d'' soweit vorspringt, um darauf wieder das Stück d' zu befestigen, welches den Verbindungsbolzen für das Ende der Parallelogrammseite bd aufnimmt. Das an d'' verbolzte Stück d' besitzt einen Spalt und kann demnach vor dem Festanschrauben der Mutter durch Verschiebung so verstellt werden, daß der Stützpunkt d genau in die Ebene des Zeuges fällt. Ist diese Bedingung erfüllt, so braucht man nur den Zeugrahmen mit dem unteren Winkel des Parallelogramms mittest des Stückes F'' zu verbinden.

Um die Rahmenbewegung zu erleichtern und dadurch die Führung des Griffels sanfter und sicherer zu machen, ist der längere Arm be des Storchschnabels im Punkte e mit einer oberhalb über eine Rolle gehenden Schnur verbunden und diese mit einem adjustirten Gegengewichte versehen, wodurch dem Rahmen nicht nur das Gleichgewicht gehalten, sondern ihm noch einige Neigung zum Aufsteigen gegeben wird.

Die obere Seite F' des Rahmens besitzt zwei Führungen E'' Fig. 3 mit horizontalen und nach der Längenrichtung der Maschine gehenden Spalten, welche an den vom Querriegel D'' herabgehenden Stangen e'' gleiten, den Rahmen somit senkrecht führen und ihm dabei hinreichend seitliche Bewegung gestatten.

Die untere Seite des Rahmens trägt an je zwei kurzen Armen hh zwei horizontale Stangen HH, welche in der Rinne einer Friktionsrolle H' liegen, so daß beide Rollen H' den Rahmen tragen und ihn bei seiner horizontalen Bewegung unterstützen und führen. Es ruht nämlich die Lagerhülse Fig. 4 der Rollenzapfen mit ihren schneidigen Enden h' auf den beiden Armen h'', welche die Gabel-

enden zweier, durch die Bocklager I'' unterstützten Hebel H'' bilden, und da deren entgegengesetzte Enden mit verstellbaren Gegengewichten I belastet sind, so üben sie durch die Rollen H' von unten nach oben einen Druck aus. Damit nun hierdurch der Rahmen nicht von der Vertikalebene abweiche, müssen die längeren Arme von H'' so lang sein, daß die Gabelenden mit den Rollen solche Bögen beschreiben, die nur wenig von der geraden Linie abweichen. Und damit die Wirkung dieses Druckes auf den ganzen Rahmen gleichmäßig erfolge, sind beide Hebel H'' durch eine gemeinschaftliche Welle I', Fig. 2, verbunden, welche auf den zwei gußeisernen Lagerstützen I'' ruht. Endlich dienen zur Vertikalbewegung des Rahmens noch zwei gußeiserne, mit ihren Füßen am Boden befestigte Stützen ii, deren senkrechte Spalte die untere Rahmenseite umschließen.

3. Der Wagen mit den Nadelzangen.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß sämmtliche in Zangen gehaltene Nadeln durch zwei Wagen auf den mit dem Gestelle verbundenen Bahnen gegen den Zeugrahmen geführt werden. Es befindet sich daher auf jeder Seite des Letzteren ein Wagen LL', (Fig. 1 und 2), welcher aus einem hohlen Gußeisenzylinder L, Fig. 6, aus den daran verbolzten gekrümmten Armen QQ, als Träger der auf jeder Seite des Rahmens in zwei übereinanderstehenden Reihen vertheilten Nadelsysteme und Zangen, und aus dem zu seiner Bewegung dienenden gekuppelten Rollenpaare L'L' besteht. Die Rollenträger l' sind an den Röhrenflanschen l verbolzt. Die Bewegung des Wagens ist so angeordnet, daß der Sticker seinen Platz vor der Musterzeichnung und den Tritten nicht zu verlassen braucht, und die Geschwindigkeit sowie den Auszug des Wagens nach Belieben reguliren kann. Durch Umdrehung der Kurbel N nach der einen oder andern Richtung wird die Bewegung mittelst der Transportirräder O'' und O' entweder auf die Welle M'' Fig. 1 des Rades M und somit für den Vor- und Rückgang des Wagens auf der Seite rechter Hand, wie es hier Fig. 2 darstellt, übergetragen, oder auf die Welle des Rades M', wenn der Kniehebel non'n'' durch den jetzt höher stehenden Fußtritt P so verstellt wird, daß das Rad O' in M' eingreift. Im ersteren Falle, bei der in Fig. 2 durch Pfeil angedeuteten Kurbelbewegung, wird der Wagen vermittelst der durch das Ketten-

rad m auf der Welle M'' angezogenen Vaucanson'schen Kette j nach dem Zeugrahmen vorgehen und die Nadeln mittelst der Zangen durch den Stoff führen. Die geöffneten Zangen des anderseitigen Wagens, der, nach dem vorherigen Einstechen der Nadeln in entgegengesetzter Richtung, vor dem Zeugrahmen stehen geblieben ist, fassen nun die Nadeln und ziehen sie, nachdem durch Umsetzung des Kniehebels non'n'' und Einrückung des Rades O' in M' bei gleicher Kurbelumdrehung die Bewegung auf diesen Wagen übertragen wird, bei dessen Rückgange hindurch. Jeder Wagen verrichtet also in unmittelbarer Aufeinanderfolge bei seinem Auszuge ein Durch- und Ausziehen der Nadeln und durch sofort umkehrende Kurbeldrehung bei seinem Vorgange ein Einstechen derselben. Ebenso erfolgt nach dem Trittwechsel bei hin- und hergehender Kurbelumdrehung die Rück- und Vorbewegung des andern Wagens. Die Bewegung der Wagen findet daher niemals zugleich, sondern stets abwechselnd statt.

Der angegebene Haupttheil des Wagens, der hohle Zylinder L, besitzt in Abständen von ein halb zu ein halb Meter im Guß vereinigte Backen qq, an denen die gekrümmten Arme QQ, die eigentlichen Träger des ganzen Nadelsystems, durch zwei Bolzen befestigt sind. Mit diesen Armen sind ober- und unterhalb in ganz gleicher Weise dreiseitige Bahnen oder Wangen S durch deren mit Spalt versehene Ansätze s' und Schraubenbolzen so verbunden, daß die von Arm zu Arm gehenden Wangenstücke jeder ganzen Nadelreihe in eine und dieselbe Richtung oder gerade Bahn gebracht und die darauf verschiebbar angeordneten Nadelzangen in entsprechenden Entfernungen festgestellt werden können. Fig. 6 und 7 zeigen den Querschnitt der dreikantigen Wangen S mit den darauf befindlichen Nadelzangen VT und Zubehör. Letztere bestehen aus zwei Theilen T und V Fig. 8. Der untere auf der Wange S durch eine Preßschraube t festzustellende Theil besitzt zwei Oehre t'', mit welchen das Oehr v des oberen Zangentheiles V durch Stift verbunden, und das längere Ende des letzteren durch die Feder t am untern Zangentheile nach aufwärts gedrückt und somit die Zange geschlossen wird. Außerdem besitzt der untere Zangentheil T nahe vor den Oehren t'' einen kleinen Vorsprung, um ein zu weites Vorgehen der Nadel zu verhindern, sowie vorn noch ein dünnes Plättchen T' mit einer konischen nach außen weiteren Oeffnung, durch welche die Nadel

eingeführt wird. Fig. 11 zeigt dieses Plättchen von vorn und Fig. 10 eine Ansicht der Zange von derselben Seite, Fig. 9 aber deren Grundriß (unter Fig. 6), woraus die Breite der Zangentheile und der Feder ersichtlich ist. Ist daher eine Zange geöffnet, und es wird die Nadel durch die Oeffnung des Plättchens T' eingeführt, so kommt sie im unteren Zangentheile in eine dreieckige Kerbe zu liegen, deren Tiefe geringer ist, als die Dicke der Nadel. Beim Schließen der Zange drückt dann deren oberer Backen die Nadel stark genug gegen die Kerbe, daß sie vollkommen festgehalten wird. Die doppelt zugespitzte und in ihrer Mitte mit einem Oehre versehene Nadel zeigt Fig. 12 in natürlicher Größe.

Nach der bereits oben gegebenen Erläuterung handelt es sich nun darum, sämmtliche Zangen gleichzeitig und in dem Augenblicke zu öffnen, wann die Nadeln durch das Zeug gestochen sind, und von den Zangen des entgegengesetzten Wagens erfaßt werden sollen. Für diesen Zweck dient eine eiserne Welle U Fig. 1 und 2, welche sich von einem Ende des Wagens bis zum andern erstreckt, mit ihren Zapfen in den an den Armen Q verbolzten Gabellagern u Fig. 6 ruht und an einer Seite ihres Umfangs eine ebene Fläche besitzt, wie es ihr Durchschnitt Fig. 13 für zwei verschiedene Lagen darstellt. Diese Welle ist nun gerade in einer solchen Höhe gelagert, daß, wenn ihr abgeplatteter Theil nach unten gekehrt ist, dieser die Enden der oberen Zangentheile wohl berührt, aber keinen Druck darauf ausübt, und somit die Zangen geschlossen bleiben. Wird dagegen die Welle etwas umgedreht, so drückt der volle Wellenumfang gegen die Zangenenden, überwindet die Wirkung der Federn t' und öffnet die Zangen.

Für die zeitweise Drehung der hinter den vier Reihen der Nadelzangen liegenden Wellen U besitzen dieselben an ihren Enden Zahnsektoren x Fig. 2, welche durch eingreifende senkrechte Zahnstangen X entsprechend bewegt werden, indem deren untere Bolzen x' sich in die Gabelenden der Hebel Z einlegen, die sich auf der von den Tritten aus bewegten Welle K befinden.

Damit nun der Sticker, welcher mit der linken Hand die Bewegung des Pantographen, mit der Rechten abwechselnd die der Kurbel verrichtet, auch das nach jedem Einstechen der Nadeln nöthige Oeffnen und Schließen der Zangen ausführen kann, ohne seinen Platz verlassen zu müssen, ist ihm dies in bequemer Weise durch

die auf Tritte überzutragende Fußbewegung möglich gemacht. Es folgt daher:

4. Das Trittwerk, welches sowohl zur Umwechselung der Wagenbewegung, als zum Oeffnen und Schließen der Nadelzangen dient.

Den letzten Erklärungen über das Oeffnen und Schließen der Nadelzangen ist nun beizufügen, daß das linker Hand hervorstehende Ende der Welle R, deren Zapfenlager r' auf den horizontalen Riegeln der Gestellwände verbunden sind, einen Zahnsektor r besitzt und dieser in den getriebeförmigen Theil des Armstückes p'' eingreift, Fig. III, woran zugleich der Ausrückhebel n o des Rades O' für den Wagenwechsel verbolzt ist. Das zu $^2/_3$ seines Umfanges verzahnte Armstück p'' ist auf der Welle P'' befestigt, die einerseits in dem Ständer E' anderseits aber auf dem an der Gestellwand verbolzten Stück K' lagert und die zwei Scheiben P'P' trägt, die durch entgegengesetzt darüber gelegte Schnüre mit den zwei Tritten PP verbunden sind. Es ist nun einleuchtend, daß ein abwechselndes Auf- und Niederbewegen dieser Tritte auch auf die damit in Verbindung stehenden Theile eine abwechselnde Drehungsbewegung überträgt. Es muß daher mit dem Treten eines Schämels zunächst die Welle P'', durch den getriebförmigen Theil des Armes p'' aber der Zahnsektor r und dessen Welle R, und demnach jeder der beiden Hebel Z mit den Gabelenden z und z' umkehrende Drehungsbewegung annehmen. Bei der gekreuzten Lage, in welche die Hebel Z hierbei abwechselnd versetzt werden, stellen sich die Gabelenden z oder z' gerade so tief, daß die an den Zahnstangen X verbundenen Bolzen x' genau in die Gabeln eingreifen, wenn ein Wagen gegen den Stoff herangegangen ist und die Nadeln durchgestochen hat. Zur Aufnahme der letzteren müssen die Zangen des entgegengesetzten ebenfalls am Zeuge stehenden Wagens geöffnet sein, weshalb auch dessen Zahnstange X durch die erhobene Gabel des Hebels Z den Sektor x so gestellt hat, daß die Welle U alle Zangen öffnete. In Fig. 2 ist dies bei dem Wagen linker Hand der Fall, wogegen der Wagen rechter Hand, wenn er nach dem Zeugrahmen vorgeht mit seinen die Zangen festhaltenden Nadeln durch das Zeug sticht, sie in die geöffneten Zangen des Wagens linker Hand einführt und dabei den Bolzen x'

in die Gabel z einlegt. Da es sich nun darum handelt, die durch den Stoff geführten Nadelenden mit den Zangen des Wagens linker Hand festzuhalten, und die von den Zangen des Wagens rechter Hand festgehaltenen Nadeln loszulassen, so müssen die ersteren Zangen geschlossen, die letzteren geöffnet werden. Dieß geschieht durch Trittwechsel. Indem nämlich der Sticker den höheren Schämel niedertritt, wird durch die betreffende Schnurscheibe die Welle P'' so gedreht, daß der Sektor r Fig. III und somit auch der Hebel Z in die punktirt angedeutete Lage z'' kommt, wobei sich die in Coulissen geführten Zahnstangen X auf beiden Seiten entgegengesetzt bewegen, indem die rechter Hand befindlichen aufsteigen und die Zangen öffnen, die linker Hand niederwärts gehen und die anderseitigen Zangen schließen. Zugleich hat der Trittwechsel aber auch den Arm p'' und somit den Ausrückhebel n o verstellt und das Rad O' in M' eingelegt, so daß bei nach gleicher Richtung fortgehender Kurbeldrehung der Wagen linker Hand sich vom Zeugrahmen entfernt und die festgehaltenen Nadeln die Stickfäden durch- und ausziehen.

Bei der nun eintretenden entgegengesetzten Kurbelbewegung werden die Wagen wieder in die Fig. 2 angegebene Stellung zurückgeführt. Der Drehungswechsel der Kurbel findet daher jedesmal dann statt, nachdem der eine Wagen ein-, und der anderseitige vom Zeugrahmen zurückgefahren worden ist.

Da sich bei dem von dem Zeugrahmen entfernenden Wagen die Stickfäden zwar allmählich stärker spannen, diese Anspannung aber für alle Fäden durchaus keine gleichmäßige sein kann, so würden hieraus Störungen und namentlich Ungleichheit der Arbeit entspringen. Es ist daher hier noch der von Heilmann angebrachte Mechanismus zu beschreiben übrig, welcher durch Anwendung eines beliebig zu regulirenden Gewichtes alle Fäden in angemessenem Grade gleichmäßig spannt.

An den Backen der Arme Q sind Hängelager y für die unter jedem Nadelsysteme hingehende und etwas darüber hinausragende Welle Y befestigt, Fig. 1,2,6 und 7. An dem linken Ende jeder Welle Y befinden sich 2 Stäbchen y' und w, an dem rechten hingegen ist nur ein einziges Stäbchen y' und ein Gegengewicht y'' in Fig. 2 ersichtlich. Die Enden der beiden Stäbchen y', der Fadenleiter, sind durch einen etwas starken und ganz geraden Eisendraht

verbunden. Nähert sich der Wagen dem Zeuge, so begegnet, bevor ihn der Eisendraht noch berühren kann, das Stäbchen w, dessen Richtung man aus Fig. 2 ersieht, dem Zapfen w' Fig. 1, welcher sich gegen dasselbe stemmt und es immer mehr und mehr emporhebt. Zugleich werden aber auch durch den Eisendraht die Stäbchen y'y' emporgehoben, so daß sie die in Fig. 7 angedeutete Stellung annehmen. Wenn sich dagegen von dieser Stellung aus der Wagen vom Stoffe entfernt, so gleitet das Stäbchen w über den Zapfen w' hinab, kann bis auf eine gewisse Entfernung entweichen und veranlaßt durch das Gegengewicht, daß die Stäbchen y' niederfallen und der sie verbindende Eisendraht auf sämmtliche Fäden der Nadeln herabdrückt, so daß das ganze System die in Fig. 2 und 6 ersichtliche Stellung erhält.

Bei der hier gegebenen Beschreibung und namentlich bei der der Zangenkonstruktion ist der Einfachheit halber vorzugsweise zwar nur die eine obere Nadelreihe in Betracht gezogen worden; die Darstellung der Figuren läßt aber leicht erkennen, daß die zweite entgegengesetzte Nadelreihe sowohl, als auch die von den unteren Enden der Arme Q getragenen zwei Reihen von Nadelzangen in allen einzelnen Theilen ganz gleiche Anordnung besitzen.

Hiernach schließen sich noch einige Bemerkungen über die durch verschiedene Muster bedungenen Modifikationen dieser Maschine, sowie über die entsprechende Handhabung des Pantographenstiftes auf der Schablonenzeichnung und über diese selbst an, wogegen das Nähere über die Leistung der Stickmaschine am Schlusse folgt.

Die Stickereiarbeiten, für welche sich die Stickmaschinen vorzugsweise eignen, sind solche mit eng aneinander gestellten Mustern, und sie werden fast ausschließlich in Streifenform nach der Länge der Maschine ausgeführt. Da nämlich die Leistung und Rentabilität der Stickmaschinen mit der Anzahl der arbeitenden Nadeln zunimmt, so ist es einleuchtend, daß Stickarbeiten mit kleinen engstehenden Mustern, d. h. mit vielfacher Wiederholung (Rapport) desselben Musters in einer Nadelreihe, das weit überwiegende Arbeitserzeugniß dieser Maschine bilden.

In Bezug auf die Größe und die Anzahl der sich für eine Nadelreihe wiederholenden Muster gestattet die Anordnung der Stickmaschine mehrfachen Spielraum. Hat überhaupt die Länge der

später erbauten Maschinen zugenommen, und werden solche gegenwärtig meist 4 bis $4^1/_2$ Meter lang gebaut, so wächst hiernach auch die Nadelzahl. So würde z. B., da bei der beschriebenen Maschine auf $2^1/_2$ Meter Länge 65 Nadeln in einer Reihe stehen und folglich die Nadeldistanz $\frac{250}{65} = 3^{11}/_{13}$ Centimeter ist, die Nadelzahl hiernach bei 4 oder $4^1/_2$ Meter Länge 104 oder 117 betragen. Da aber die Nadeldistanz noch bis auf $2^1/_2$ Centimeter verringert werden kann, so würden auf diese Längen auch 160 bis 180 Nadeln fallen können. Will man aber mit Maschinen, deren Zangen auf eine gewisse Nadeldistanz festgestellt sind, doppelt oder dreifach größere Muster arbeiten, so sind abwechselnd eine oder mehrere Zangen leer zu lassen.

Der zwar möglichen Verstellung der Nadelzangen nach jedem beliebigen Mustermaße tritt jedoch der Zeitaufwand entgegen, den diese sehr sorgfältig vorzunehmende Einstellung jedesmal erheischen würde. Es ist daher weit vortheilhafter, Maschinen von verschiedener Nadeldistanz, z. B. für Musterbreiten von 1, $1^1/_4$, $1^1/_2$, $1^3/_4$ und 2 pariser Zoll, zur Auswahl zu besitzen, wie dies auch in allen größeren Maschinenstickereien der Fall ist.

Eine anderweite Vermehrung der Nadelzahl ist durch die neuerdings sehr häufig angewendete Stickmaschine mit drei und vier übereinanderstehenden Nadelreihen erzielt worden. Befinden sich z. B. bei einer dreireihigen Maschine 168 Nadeln in einer Reihe, so besitzen sie demnach 504 Nadeln oder 1008 Nadelzangen. Zu schwierig würde aber die Handhabung der Stickmaschinen werden, wollte man ihnen eine noch größere Ausdehnung als 5 Meter Länge oder mehr Nadelreihen geben, da die Bewegung der ganzen Maschine und zugleich auch die Beaufsichtigung von dem Sticker oder der Stickerin selbst erfolgen muß.

Um Näheres über die für Maschinenstickerei anzuwendenden Schablonenzeichnungen und der darauf stattfindenden Griffelbewegung zu geben, ist eine solche durch Fig. 14 auf Taf. 128 in der halben natürlichen Größe, demnach in noch dreifacher Größe der auszuführenden Stickerei dargestellt. Der Rapport ist durch die Musterfortsetzung nach einer Seite hin angedeutet und beträgt für dieses Muster 1 pariser Zoll. Alle innerhalb der Contouren angegebenen Querlinien

bezeichnen die Stickfäden der Lage, Zahl und der dreifach vergrößerten Länge nach auf der einen, auf der Vorderseite des Stoffes, wogegen sie auf der Rückseite in ganz ähnlicher Weise, nur zwischen die ersteren, zu liegen kommen, da sie in ihrem gegenseitigen Zusammenhange mit einer gebrochenen Linie zu vergleichen sind. So bezeichnen z. B. in Fig. 15 die ausgezogenen Linien die Stickfäden auf der Vorderseite und die punktirten die auf der Rückseite, die in den Contouren oder in den Enden der Linien angedeuteten Punkte aber die Aufsatzpunkte für den Griffel des Storchschnabels, welche den Ein- und Rückstichpunkten der Nadeln entsprechen.

Auf diese markirten Aufsatzpunkte a, b, c, d . . der gebrochenen Linie hat nun der Sticker die Griffelspitze C'' Fig. 2 fortschreitend weiter zu setzen, indem er nach dem Aufsetzen auf einem Punkte und dem durch Wageneinführung erfolgenden Nadeldurchstiche (von hinten nach vorn) den Griffel zurückzieht und auf dem anderseitigen Endpunkte der betreffenden Linie für den Rückstich (von vorn nach hinten) einsetzt. Liegen daher die Aufsatzpunkte für eine Figur für die Vorderseite rechter Hand oder oben, so liegen sie für die Rückstiche linker Hand oder unten und umgekehrt.

Da der Zeugrahmen in Folge seiner Verbindungsweise mit dem oberen Gestellriegel genau der Bewegungsrichtung des Griffelstiftes folgen muß, die Nadeln dagegen stets in ein und derselben Richtung einstechen, so folgert sich mit Bezug auf Fig. 16, daß, wenn der Griffelstift linker Hand in a aufgesetzt und der Zeugrahmen dadurch so gestellt ist, daß der Nadeleinstich in a' stattfindet, so muß, indem der Griffel für den Rückstich in b aufgesetzt wird, auch der Zeugrahmen dabei eine Bewegung in der Richtung von a nach b und zwar gleich $1/_6$ a b machen und der anderseitige Wagen wird die Nadeln für die Rückstiche in b' durchstechen. Bei dem Aufsatze des Griffels in c wird auch der Rahmen in der Richtung von b nach c nachgezogen und der Einstich ist im Punkte c', ebenso für den Aufsatzpunkt d in d' u. s. f. Es erhält daher die Stickfigur stets entgegengesetzte Lage gegen die Schablonenfigur. Insofern daher die Figuren oder Muster der Stickerei aufrecht stehen sollen, muß die Schablonenzeichnung in umgekehrter Lage auf der Schablonentafel E befestigt werden.

Ist nun aus dem Vorangegangenen die Verrichtung der ein-

zelnen Theile hinlänglich ersichtlich geworden, so ergibt sich hiernach als Aufgabe des Stickers:

1) Führung des Griffels mit der linken Hand.
2) Abwechselndes Treten der beiden Schämel mit den beiden Füßen.
3) Abwechselnde Drehung der Kurbel vor- und rückwärts.
4) Beaufsichtigung mindestens der oberen Nadelreihe jedes Wagens, während die unteren mehr der Aufmerksamkeit der bedienenden Mädchen überlassen bleiben müssen.

Je nach der Art des Musters ist auch der Fadenverbrauch für eine gewisse Anzahl Stiche verschieden. Es kehren daher die Perioden für die Auswechselung der Nadeln bald nach kürzeren, bald nach längeren Fristen (durchschnittlich aber in Zeit von ungefähr 1 Stunde) wieder. Während dieser Zeit haben die bedienenden Mädchen neue Fäden in die Nadeln einzufädeln, von den letzteren soviel, als zu einmaliger Auswechselung an den betreffenden Maschinen erforderlich sind, auf ein Kissen zu stecken (Nähtlinge zu bilden) und etwaige durch Zerreißen einzelner Fäden, Zerbrechen einzelner Nadeln &c. entstehende Lücken wieder auszufüllen, d. h. die so entstandenen Mängel durch Einsetzen eingefädelter Nadeln zu ergänzen.

Das zu verwendende Stickgarn besteht in der Regel aus 5 bis 6fach gezwirntem 80r. bis 140r. Baumwollgespinnst. Das eine Ende jedes Fadens wird gewichst, einmal um das Einfädeln zu erleichtern und dann, um der hinter der Nadel gebildeten Verschlingung mehr Halt zu geben.

In neuerer Zeit fertigt man auf 6 bis 8 Ellen breiten Stühlen das Gewebe in der für Stickmaschinen angemessenen Breite, so daß solches nicht mehr der Länge, sondern der Breite nach im Stickrahmen eingespannt wird. Auch werden zugleich passende Hohlnahtstreifen eingewebt.

Dieselben Maschinen werden auch zur Buntstickerei sowohl für Baumwolle als Wolle und Seide, namentlich zur Herstellung von Decken angewendet.

Das Montiren einer größeren Stickmaschine dauert 6 bis 8 Wochen, im Winter aber beträchtlich länger.

Nach Beschreibung der Heilmann'schen Stickmaschine ist zunächst auf die Vervollkommnungen spezieller einzugehen, welche dieselbe nach

und nach erfahren hat, und es bestehen diese hauptsächlich in Folgendem:

1) In der Verlängerung der Maschine, Vermehrung der Nadelreihen und Verengerung des Rapportes.

Hierüber ist bereits am Schlusse der vorangegangenen Beschreibung das Betreffende mitgetheilt worden und nur noch zu bemerken, daß die dreireihigen Stickmaschinen gegenwärtig am meisten ausgeführt werden.

2) In der Zufügung einer Vorrichtung (support fixe) zu dem Zwecke, die vertikale Entfernung des Pantographenangriffspunktes f vom Rahmen beliebig vergrößern oder verringern zu können. Der Vortheil dieser Vorrichtung besteht darin, dem Sticker die Führung des Griffels zu erleichtern, indem er den Rahmen mit dem ausgespannten Stoffe in höchster und tiefster Stellung den Nadeln zum Einstiche bieten kann, ohne deshalb mit dem Griffel das 6fache der zwischen beiden Stellungen bestehenden Entfernung beschreiben zu müssen. Es ist dadurch ermöglicht, den ganzen Höhenspielraum des Gatters auszunutzen, z. B. mehrere Streifen übereinander sticken zu können, ohne deshalb auch die Schablone höher oder tiefer oder an einer dem Sticker weniger handlichen Stelle anbringen zu müssen.

Die Figuren 17, 18 und 19 stellen diese Vorrichtung in der Vorder- und Seitenansicht und im Grundrisse dar.

Das Gußstück a ist mit den Lappen bb fest auf das obere Rahmenstück F geschraubt. In einer Vertiefung desselben ist das mit einer Zahnstange versehene Gußstück c vertikal verschiebbar angebracht und kann mittelst des am Bolzen d steckenden Zahnrädchens e auf- und niederbewegt werden. Durch eine mittelst der Preßschraube i anzuspannende Feder h wird aber die zu leichte Beweglichkeit des Stückes c verhindert. Am Bolzen f wirkt der Pantograph. Hat man nun die gewünschte Stellung (Entfernung mn) gegeben, so werden die beiden Kopfschrauben g festgezogen, wodurch die Verschiebbarkeit des Stückes c aufgehoben ist, und der Rahmen allen Bewegungen des Bolzens f genau folgen muß.

3) In der vervollkommneten Ausbalancirung des Rahmens, indem man das betreffende Gegengewicht nicht mehr innerhalb des Gestelles, sondern theils über der Maschine mittest eines Seiles und Stützpunktes an der Decke des Lokales, theils mittelst langer Hebel

unter der Maschine im Souterrain anbrachte. Letztere Anordnungen sind jedoch neuerdings fast durchgehends wieder verdrängt worden durch Anbringung langer doppelarmiger Hebel mit Stützpunkt im oberen Theile des Maschinengestelles, an deren in der Mitte der Maschine zusammenlaufenden Armen das Gegengewicht wirkt, während von den anderen an ihren Enden mit Rollen versehenen Armen der Rahmen zwischen Gleitschienen getragen wird. Durch diese Verlegung des Gegengewichtes sind die Stickmaschinen unabhängiger von den darunter und darüber sich befindenden Lokalen geworden. Denn während bei Maschinen mit Stützpunkt an der Decke, dieser gegen Erschütterungen gehörig gesichert sein mußte, so brauchten anderseits die Maschinen mit Stützpunkt auf dem Fußboden einen darunter befindlichen hohlen Raum für das Gattergegengewicht und konnten mithin nur in Parterrelokalen mit Souterrain aufgestellt werden.

In Fig. 20 und 21 bezeichnet I das Gegengewicht für den Rahmen F. Dieses Gewicht steckt an der Stange a fest, welche unten mit einer Krücke b versehen ist, oben aber zwischen vier rechtwinklig zu einander stehenden und sich in vertikalen Ebenen drehenden kleinen Rollen c geführt wird. Die Krücke lagert auf stählernen Schneiden an den unteren Enden der Schleifen d, während dergleichen Schneiden an deren oberen Enden ihren Stützpunkt an den doppelarmigen Hebeln e finden. Letztere sind ebenfalls mit Schneidezapfen im obersten Theile des Maschinengestelles gelagert und tragen an ihren äußeren gabelförmigen Enden die Räder g, worauf die Bahnen h ruhen, welche mittelst der Gußstücke k den Rahmen F tragen.

4) In der Herstellung der Nadelzangen in einer einfacheren und billigeren Form aus gehärtetem Schmiedeisen.

5) In der vereinfachten Vorrichtung zum Oeffnen der Nadelzangen anstatt der früheren Zahnstangen mit Sektoren (X und x Fig. 1 u. 2). Besser als durch Zahnstange, doch nicht einfacher, wird der gleiche Zweck mittelst sich drehender Vertikalwellen und Schraubenräderübertragung der Bewegung auf die Horizontalwelle (U Fig. 1 und 2) erreicht.

Diese Verbesserung ist durch die Figuren 22 und 23 im Auf- und Grundrisse in 1/3 der natürlichen Größe dargestellt. a bezeichnet den oberen Theil der Zange, das sogenannte Hämmerchen, b den unteren, das Plättchen, c die das Schließen der Zange bewirkende

Stahlfeder; e ein Messingstiftchen, um das Eindringen der Nadel d dadurch genau zu normiren, f eine exzentrisch gelagerte Welle, deren Drehung durch kurze Hebel g mittelst der Zugstange h bewirkt wird. i Fadenleiterwelle.

Durch ca. $^1/_6$ Umdrehung der Hauptwelle werden alle Zugstangen h niedergezogen, dadurch alle Hebel g in die punktirte Lage gebracht, und die exzentrische Welle f so gestellt, daß die hinteren Theile der Nadelzangen niedergedrückt und dieselben vorn geöffnet werden.

Fig. 24 zeigt den Aufriß der Zange in der halben natürlichen Größe und ebenso

Fig. 25 den Grundriß des Plättchens mit der rinnenförmigen Vertiefung zur Aufnahme der Nadel.

6) In der Anbringung größerer Räder an den Wagen, wodurch ein leichterer und korrekterer Gang derselben herbeigeführt und die unvermeidliche Abnutzung der sich berührenden Theile vermindert wird. Die letztere nimmt mit der Belastung der Räder zu. Die bei weitem größte Belastung fällt hier auf die dem Gatter zunächst kommenden Räder, und deren dadurch vergleichsweise zu den hinteren herbeigeführte schnellere Abnutzung bewirkt eine Senkung der betreffenden Radachsen und ihrer Lager, in Folge welcher die oberste Nadelreihe sich vorwärts gegen das Gatter neigt, die unterste hingegen zurückweicht. Um nun eine Ausgleichung dieser Differenz auch dem Laien leicht zu ermöglichen, sind in den Achsenlagern der Hinterräder Stellschrauben angebracht, und es ist aus den Figuren 26 und 27 ersichtlich, daß ein Nachlassen dieser Schrauben a kein Senken der Radachsen, sondern vielmehr ein Senken der betreffenden Lager selbst bewirkt, was ein Zurückweichen der oberen Nadelreihen, gegenüber den unteren zur Folge haben und so den Einfluß der vorderen Lagersenkung ausgleichen muß.

An den von den Gestellriegeln vorspringenden Lappen b sind stählerne Schließfedern c angebracht, welche an ihren vorderen Enden mit Schließ-Häkchen versehen sind und dazu dienen, den betreffenden Wagen beim Einfahren und Nadelerfassen des andern festzuhalten, und ein freiwilliges Zurückweichen desselben zu verhindern. Das jedesmalige Wiederauslösen dieser Federn geschieht indirekt von der durch Treten mit den Füßen bewegten Hauptwelle aus.

7) In der Verwendung konischer Bolzen in den Scharnieren des Pantographen, um durch Anziehen einer Mutterschraube etwa eingetretene Abnutzung derselben jederzeit leicht ausgleichen zu können.

8) In der Anbringung des Festonir-Apparates, d. h. einer an jeder Stickmaschine leicht zuzufügenden Vorrichtung, mittelst welcher dieselbe zur Herstellung des Feston- oder Knopflochstiches verwendbar wird. Die mit der gewöhnlichen Stickmaschine erzeugten Festons standen bisher an Festigkeit und zierlichem Aussehen den mittelst Handarbeit erzeugten bedeutend nach. Die Festonirmaschine hat diese Unvollkommenheit nicht nur beseitigt, sondern übertrifft sogar die Handarbeit. Außerdem bietet sie dem Sticker bedeutende Stichersparniß ($^1/_2$ bis $^2/_3$) gegen frühere Maschinenfestons. Dieser Festonirapparat beeinträchtigt den gewöhnlichen Gebrauch der Stickmaschine in keiner Weise, indem derselbe binnen wenigen Sekunden beliebig in oder außer Mitwirkung gebracht werden kann.

Leistung der Stickmaschine.

Wie schon oben erwähnt, gewährt die Stickmaschine um so größeren Vortheil, je mehr Nadeln gleichzeitig arbeiten, oder je kleiner der Rapport des Musters ist. Die Einsatz- oder Besatzstreifen (Entre-deux), welche ihrer mannichfachen Verwendung halber einen sehr umfänglichen Bedarfsartikel bilden und mit sehr engstehenden Mustern früher nur durch Handstickerei hergestellt wurden oder auch auf dem Webstuhle broschirt ausgeführt werden, bilden daher fast ausschließlich das Erzeugniß der Stickmaschine. Die Nadelentfernung oder der Rapport beträgt hierbei gewöhnlich 1—1$^1/_2$ pariser Zoll, wogegen die Breiten gestickter Streifen in Bezug auf die Nadelzahl unabhängig sind und am häufigsten von $^1/_2$ bis zu 3 Zoll vorkommen.

Von der Länge der Stickmaschinen (Stickbreite) und ob solche zwei, drei oder vier Nadelreihen besitzen, sowie von dem Musterrapporte, ist die Zahl der arbeitenden Nadeln abhängig; sie steht zur Länge und Zahl der Nadelreihen in geradem, zum Musterrapporte in umgekehrtem Verhältnisse.

Nächst der Nadelzahl ist die hauptsächlich von der Uebung und Geschicklichkeit des Stickers abhängige Anzahl der Stiche, welche derselbe täglich machen kann, der zweite Hauptfaktor für die Leistung der Stickmaschine. Insofern nun die Nadelzahl als gegeben betrachtet

wird, üben auf den zweiten Faktor, auf die Stichzahl, verschiedene Umstände Einfluß aus. Derselbe ist abhängig von der Vollkommenheit der Konstruktion, von der Beschaffenheit des Stickmateriales und des Musters, von der Uebung und Aufmerksamkeit des Stickers, der bedienenden Mädchen, sowie auch von der durch die Nadelzahl gegebenen Größe der Maschine.

Beide Zahlen, die Nadel- und die Stichzahl, drücken durch ihr Produkt die vollständige Leistung der Stickmaschine in derjenigen Zeit aus, worauf der eine Faktor, die Stichzahl, bezogen wird.

Angenommen, eine Stickmaschine besitzt drei Nadelreihen zu je 100 Nadeln, und es macht der Sticker täglich 2000 Stiche, so beträgt die Stichzahl aller Nadeln

$$300 \times 2000 = 600{,}000.$$

Würden nun für ein zu stickendes Muster 500 Stiche erfordert, so haben zu dessen Ausführung die Nadeln in den 3 Reihen

$$500 \times 300 = 150{,}000 \text{ Stiche}$$

zu machen. Hiernach werden täglich

$$\frac{600{,}000}{150{,}000} = 4 \text{ Streifen}$$

in jeder Nadelreihe oder zusammen 12 Streifen von ungefähr 6—7 Ellen Länge angefertigt.

Dieselbe Arbeitsleistung würde eintreten, wenn ein Sticker bei einer Maschine mit zwei Reihen zu je 150 Nadeln 2000 Stiche machte, da die gesammte Stichzahl ebenfalls

$$300 \times 2000 = 600{,}000$$

beträgt.

An zweireihigen, weniger breiten Maschinen können es Sticker bis zu 3000 Stichen täglich bringen. Bei hundert Nadeln in einer Reihe ist daher die gesammte Stichzahl wieder

$$200 \times 3000 = 600{,}000.$$

Eine der Stickbreite und dem Rapporte nach sehr häufig ausgeführte und bereits oben angegebene Gattung von Stickmaschinen ist dreireihig, 8 Leipziger Ellen breit und hat 1 pariser Zoll Rapport. Dieselben enthalten in einer Nadelreihe 168 und im Ganzen 168 $\times$ 3 = 504 Nadeln. Macht ein Sticker bei diesen Maschinen 1500 Stiche täglich, so besteht die gesammte Leistung in

$$504 \times 1500 = 756{,}000 \text{ Stichen}.$$

Gegen die vorher angenommenen Beispiele beträgt daher die Leistung der letzteren Stickmaschine nahe 1/4 der ersteren mehr, oder es verhalten sich die Arbeiten beider nahe wie 4:5.

Da die meisten Stickereien, um sie mehr hervortreten zu lassen, Unterlegstiche erhalten und diese mit der Maschine ebenfalls auszuführen sind, so werden nicht nur diese, sondern auch die Vorarbeiten des Vor-Hohlbohrens für Löcher sowie deren Umziehen durch Vorlegstiche für sogenannte englische Stickerei dem Sticker zum Ausgleiche des Zeitaufwandes in Stickstichen zu gute gerechnet.

So beträgt z. B. für das Fig. 14 dargestellte Muster die Zahl der wirklichen Deck-, Vor- und Unterlegstiche für alle einzelnen Mustertheile eines Rapportes:

Bogen mit der Festonirmaschine gearbeitet:

	Unterlegstiche	2 . 26 =	52,
	Deckstiche .	2 . 42 =	84;
Löcher I.	Vorlegstiche	6 . 5 =	30,
	Stiche . .	6 . 20 =	120;
Löcher II.	Vorlegstiche	2 . 4 =	8,
	Stiche . .	2 . 16 =	32;
Löcher III.	Vorlegstiche	2 . 8 =	16,
	Stiche . .	2 . 31 =	62;
Blätter IV.	Unterlegstiche	6 . 6 =	36,
	Deckstiche	. . . =	53.
		Zusammen	493.[1]

[1] Obige Stichzahl 493 bezieht sich indeß nur auf die Leistung einer Stickmaschine, welche mit dem vor circa zwei Jahren von der Fabrik für Stickereimaschinen von A. Voigt konstruirten und nach dessen System auch später in der Schweiz eingeführten Bogapparat versehen ist. Mit einer Maschine ohne diesen Apparat würden zur Herstellung des fraglichen Bogens (Languette) nicht nur 82 Stiche (circa 2/3 des Ganzen) mehr erfordert, sondern es würde diese Arbeit auch jener an Solidität und Zierlichkeit bei weitem nachstehen.

Zu bemerken ist noch, daß das obengenannte Etablissement zu Kappel bei Chemnitz auf mehrere der angegebenen Verbesserungen Patente nicht nur für Sachsen, sondern auch für Preußen, Oesterreich und Frankreich besitzt und nach seiner Erweiterung auch den Bestellungen nach allen Richtungen hin zu entsprechen in den Stand gesetzt ist.

Ueberhaupt hat diese Fabrik seit der kurzen Zeit ihres Bestehens über 260 Stickmaschinen und zwar in der letzten Zeit vorherrschend drei-

Dem Sticker werden aber für das Vorbohren der zu umstickenden Löcher noch 40 gewöhnliche Stickstiche zum Vortheil gerechnet und ihm das eben als Beispiel angezogene Muster zu 533 Stichen vergütet.

reihige von 8 Leipziger Ellen Stickbreite mit je 504 Nadeln geliefert. Um die Leistungen der verschiedenen Konstruktionen anschaulich zu machen, unterhält die Fabrik eine Anzahl Stickmaschinen in Thätigkeit; auch schließt sich denselben als eine Spezialität die in neuester Zeit nach verschiedenen Systemen konstruirte Maschine für Tambourinstickerei an. In der Hauptsache sind von der letzten Maschine drei Systeme vertreten, und zwar:

1) Die Tambourirmaschine mit einer beweglichen Nadel und feststehendem Stoffrahmen zum Treten, in zwei verschiedenen Nadelsystemen; die Nadel kommt nämlich entweder von oben oder von unten, ohne deshalb den Tambourirstich anders, als auf der oberen Seite hervorzubringen.
2) Die Tambourirmaschine mit einer festen Nadel nach Art der Nähmaschinen zur Herstellung von Ziernäthen mittelst zweifarbiger Kettelstiche mit oder ohne Auflage zweier anderen bunten Fäden.
3) Die Tambourirmaschine mit mehreren (6 — 56) festen Nadeln und verrückbarem Stoffrahmen für den Betrieb durch Schwungrad oder Elementarkraft.

Der Schweizer Stickmaschine steht durch Anbringung eines neuen patentirten Fadenauszugssystemes in der nächsten Zeit eine wesentliche Verbesserung (Erhöhung der Leistungsfähigkeit) bevor. Auch versucht man diese Maschine mit einem ganz anderen Nadelsysteme zu versehen.

Preise der Stickmaschinen ab Fabrik ohne Verpackung.

Nadelreihen.	Nadelzahl.	Stickbreite.		Ganze Breite.		Preis.	Festonirapparat.	Gewicht Zoll-Ztr.
		Leipz. Ellen.	Meter.	Leipz. Ellen.	Meter.			
						Thlr.	Thlr.	
2	176	$6\frac{1}{4}$	3,56	9	5,14	650	130	27
3	264	$6\frac{1}{4}$	3,56	9	5,14	880	180	
2	200	$7\frac{1}{8}$	4,06	$9\frac{5}{6}$	5,62	700	136	
3	300	$7\frac{1}{8}$	4,06	$9\frac{5}{6}$	5,62	950	$192\frac{1}{2}$	bis
2	224	8	4,23	$10\frac{2}{3}$	6,1	750	142	
3	336	8	4,23	$10\frac{2}{3}$	6,1	1020	210	
3	504	8	4,23	$10\frac{2}{3}$	6,1	1132	225	55

Bei engerem Rapporte ($1\frac{1}{4}$, 1" par.) für je eine Nadel oder zwei Nadelzangen 20 Sgr. mehr.

Größeren Vortheil hat des Stickmateriales halber derjenige Sticker, welcher feine, in kurzen Stichen auszuführende Muster arbeitet. Gewöhnlich wird dem Sticker der Lohn nach der Stichzahl (1000) incl. desjenigen der ihn unterstützenden zwei Gehülfinnen bezahlt.

B) Stüpfel- oder Schablonenstechmaschine.

Um eine Stickerei auf dem Stickereigrunde auszuführen, bedarf es in den allermeisten Fällen einer Angabe des Musters auf dem Stoffe selbst. Bei der Maschinenstickerei trägt der Storchschnabel durch die Rahmenbewegung das Muster gleichzeitig mit dem Sticken als verkleinerte Kopie von der Schablone über, und es ist hierdurch eine Angabe desselben auf dem Stoffe entbehrlich. Bei der Buntstickerei auf Stramin oder einem andern Netzgrunde dient die zwischen der Musterzeichnung und dem Stoffe korrespondirende Netz- oder Carreautheilung zum Anhalte. Mancherlei Handstickereien auf glattem Grunde, z. B. auf Wäsche, erfolgen nach Mustervorzeichnung durch Hand. Für die fabrikmäßige Weißstickerei benutzte man früher farbigen Vordruck mittelst Holzformen, während man jetzt für gleichen Zweck ungleich vortheilhafter gestochene Schablonen anwendet. Die Kontouren von Musterzeichnungen auf dünnem Papier werden mittelst einer feinen Nadel eng durchstochen, ein feines farbiges Harzpulver durchgerieben und dasselbe durch Wärme auf dem Stickereigrunde fixirt. Wie man noch jetzt die schon viel früher zum Durchwischen von Kohlen- oder Kreidepulver für Vorzeichnungen zu Stickereien und Dekorationsmalereien angewendeten Schablonen durch Hand mittelst Nadel durchsticht, so geschah dies auch anfänglich mit den Stickereischablonen. Vielfach schneller und genauer erfolgt aber dieses Durchstechen durch eine einfache und sinnreiche Vorrichtung, welche zuerst von Paris aus in die Schweiz und von St. Gallen in den sächsischen Stickereibezirk unter dem Namen: Schablonenstech- oder Stüpfelmaschine eingeführt worden und jetzt eine unentbehrliche Hülfsmaschine ist.

Ungeachtet der Einfachheit dieser Maschine ist dieselbe doch

bei übereinstimmender Anordnung im Allgemeinen in ihren einzelnen Theilen verschieden ausgeführt worden. [1]

Der Zweck jeder dieser Konstruktionen besteht darin: einen Griffel, worin eine Nadel auf- und niederbewegt wird, auf einer vorliegenden Zeichnung nach jeder beliebigen Richtung so fortzuführen, daß deren Kontouren durch schnell aufeinanderfolgende und eng aneinandergereihte Nadelstiche durchlöchert werden.

Dieser Zweck wird bei allen Maschinen dadurch erzielt, daß von dem mit dem Fuße in Bewegung zu setzenden Schnurrade aus, durch eine oder mehrere Schnüre ohne Ende über Leitrollen an einem Balancier hingeführt, eine im Griffel befindliche Schnurscheibe und durch deren Welle gleichzeitig eine exzentrische oder Kurbelscheibe oder Kurbel und die damit verbundene Nadel bewegt wird.

Die Fleuret'sche Schablonenstechmaschine.

Da die französische Schablonenstechmaschine und namentlich die des Mechaniker Fleuret in Paris (Rue de la lune 34) die verbreitetste ist, so wird dessen Konstruktion hier zunächst beschrieben.

Diese Maschine ist auf Taf. 129 durch die Figuren 1—8 dargestellt.

Fig. 1 zeigt die Vorderansicht derselben mit Weglassung des Tisches, der vom Maschinengestell A getrennt ist.

Fig. 2 Seitenansicht mit dem ans Gestell angesetzten Tische B. Beide Figuren in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe.

Fig. 3 Seitenansicht und

Fig. 4 Grundriß des Balancier C mit Schnurlauf in $^1/_6$.

Fig. 5 Vorderansicht und

Fig. 6 Seitenansicht des Griffels in $^1/_2$, sowie auch

[1] In der Schrift: Die Schablonenstechmaschine oder sogenannte Stüpfelmaschine, (Leipzig, Verlag von Otto Spamer, 1848) ist diese Vorrichtung in den verschiedenen Konstruktionen verzeichnet und beschrieben, wie solche damals im sächsischen Voigtlande und namentlich in Plauen benutzt wurde. Die schon zu jener Zeit mitgetheilte Maschine des Hrn. Dessinateur Heubner in Plauen hat seitdem noch wesentliche Verbesserungen erfahren und ist daher als eine der vorzüglichsten Konstruktionen hier aufgenommen worden.

Fig. 7 Grundriß eines kleinen verstellbaren Rahmens mit 2 Spannrollen, um die Spannung des Schnurlaufes zu reguliren, in ½ der natürlichen Größe.

Fig. 8 Grundriß des Trittes in $^1/_{16}$.

Die Seitenwände a a des hölzernen Gestelles sind am Boden durch zwei Riegel b, etwas höher durch den stärkeren Riegel c und an den oberen Enden durch das Deckbret d verbunden. Zwischen dem hinteren unteren Querriegel und dem Deckbrete befindet sich eine hölzerne Rückwand, welche herausgenommen werden kann. An die Hinterseite des Riegels ist senkrecht ein gußeisernes geripptes Riegelstück f angeschraubt, dessen oberes Ende in das Deckbret d eingelassen ist. An diesem Riegel ist mittelst einer Mutterschraube eine kurze eiserne Achse g verschraubt, auf welcher das Schnurrad D umläuft. An einem Arme dieses Rades ist der Warzenbolzen h verschraubt, durch welchen die angehangene Zugstange i die Bewegung des Trittes k auf das Schnurrad überträgt. Das Trittbret k Fig. 8 ist vorn mittelst Scharnier auf dem Querstücke eines Rahmens l aus Eisenblech, und dessen Längenstücke sind ebenfalls mittelst Scharnier an dem unteren vorderen Querriegel des Gestelles verbunden, so daß der ganze Tritt beim Transport in die Höhe geschlagen werden kann.

Das Gestelle A trägt die Säule E. Dieselbe besteht aus einem abgedrehten Messingrohre, das oben und unten durch angelöthete Messingringe verstärkt und mit dem scheibenförmigen Rande des unteren Ringes durch Holzschrauben auf dem Deckbrete d des Gestelles befestigt ist. Oberhalb besitzt die Säule E über den Verstärkungsringen zwei Backen, wodurch die Schrauben m gehen, deren Enden n sowohl den Balancier C, als auch die Achsenzapfen der doppeltspurigen Schnurrolle o drehbar aufnehmen. Der Balancier besteht aus zwei schwachen Messingschienen p, die durch 4 kurze abgedrehte messingene Zylinder q mit einander verbunden sind. Durch die vorderen beiden geht ein Messingstab r, der durch die Schraubenmuttern s an seinem inneren Ende verstellbar ist, nach außen aber mit dem im Gusse vereinigten Ringe t endigt. Um diesem Ringe an den Stellen, wo die Schrauben u hindurchgehen, mehr Gewinde geben zu können, sind zur Verstärkung Scheibchen angelöthet. Die Schrauben u nehmen sowohl die Zapfen von der stählernen Achse der Schnurrolle v, als auch zugleich das ringförmige Ende w des

Stabes G auf, woran sich der Griffel F mit Zubehör befindet. Der Stab G ist getheilt und der untere am Griffel verbundene Theil am oberen Ende durch einen senkrechten feinen Schnitt aufgeschlitzt, so daß die etwas auseinandergebogenen und federnden Schlitztheile nur streng in die zugekehrte Hülse des oberen Theiles vom Stabe einzuschieben sind und durch diese Vorrichtung der Schnurlauf zwischen dem Griffel und dem vorderen Balancierende gespannt werden kann. Im hinteren Ende des Balancier geht ebenfalls durch zwei Zylinderstücke q ein Schraubenstift x, woran sich das dadurch verstellbare Gegengewicht y befindet.

Der zur Führung und Spannung des ersten Schnurlaufes dienende und in einem Schlitze des Riegelstückes verstellbare kleine Rahmen z Fig. 1 mit zwei Messingröllchen a' Fig. 7 besteht aus zwei Wänden von Eisenblech, welche durch abgedrehte messingene Bolzen verbunden sind. Durch eine Mutterschraube b' erfolgt die Befestigung dieses Rahmens am Riegel f.

Es geht daher der Schnurlauf vom Schnurrade D aus, über die Spannrollen a', im Innern der hohlen Säule in die Höhe und über den kleineren Umfang der Doppelrolle o, welche sich im Drehpunkte des Balancier befindet. Der zweite Schnurlauf geht von dem größeren Umfange der Rolle o aus auf eine der drei Spuren der Rolle v am Balancierende, und der dritte von einer Spur dieser Rolle auf die kleinere Rolle im Griffel. Da die Rollen o und v weit genug auseinanderstehen, so läßt sich die Schnur des zweiten Schnurlaufes auf der Rolle v beliebig verlegen und dadurch verschiedene Geschwindigkeit der Nadel erzielen, welche sich abstufend vermindert, je nachdem die Schnur in die Spur mit dem größten, mit dem mittleren oder mit dem kleinsten Durchmesser der Rolle v eingelegt ist.

Aus dieser Anordnung ist zu ersehen, daß jeder Schnurlauf für sich gespannt werden kann, und daß die vom Schnurrade D ausgehende Bewegung durch ein übersetzendes Verhältniß der Rollendurchmesser sich mit vergrößerter Geschwindigkeit auf die Griffelrolle übertragen läßt. Angenommen, der zweite Schnurlauf liege in der Spur vom mittleren und der dritte in der Spur vom größten Durchmesser der Rolle v, wie es die Fig. 4 angibt. Dann würde bei der Rollenübersetzung von o und v, welche annähernd $^3/_2$ und $^4/_3$

beträgt, und bei dem Verhältnisse des Durchmessers der Griffelrolle zu dem des Schnurrades D nahe wie 1 : 18, die Kurbel $\frac{18}{1} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} = 36$ Hübe oder die Nadel zwischen 30 und 40 Stiche machen. In der Sekunde können hiernach 50 bis 60 Stiche erfolgen.

Der Griffel F ist mit dem unteren Ende des Stabes G verbunden und besteht aus dem messingenen Rähmchen 1, welches an der vorderen und hinteren Seite durch Staubdeckel geschlossen werden kann, und aus dem damit unterhalb durch eine Preßschraube 2 verstellbar verbundenen Rohrstücke 3. Durch die mit Scheibchen verstärkten Seitenwände des Rähmchens 1 gehen die Schrauben 4, welche die kleine Kurbelachse mit der Schnurrolle 5 aufnehmen. Die am Kurbelhalse angehangene Lenk- oder Schubstange 6 ist zweitheilig und es wird der untere aus Stahldraht bestehende Theil von dem Rohre 3 eingeschlossen und an dessen Enden in Stahlringen geführt. Am unteren Ende der Lenkstange ist eine dem bekannten Zangenfutter ähnliche Schraubenzwinge 7 zur Befestigung der Nadel eingeschraubt. Ferner ist nahe über dem unteren Ende am Rohre 3 rechter Hand ein Stift 8 angelöthet oder angeschraubt und daran der verstellbare glatte und flache Knopf 9 befindlich, der während der Führung der Nadel fortgehend auf dem Papiere hingleitet und dem Arbeiter als Stütze dient.

Es läßt sich demnach sowohl durch die Verstellung des Rohres 3 mittelst der Preßschraube 2, als auch durch Umdrehung des Knopfes am Unterstützungsstifte, dieser selbst der Nadellänge entsprechend einstellen.

Nach dieser Beschreibung der ganzen Maschine und ihrer einzelnen Theile wird nun auch deren Gang und Arbeit leicht übersichtlich werden. Indem der Arbeiter mit dem Fußtritte das Schnurrad umdreht und dieses die Bewegung vermittelst der drei Schnurläufe auf die Kurbelwelle im Griffel überträgt, bewegt sich die Kurbelstange mit der Nadel schnell auf und nieder. Der Arbeiter führt nun den Griffel wie einen Zeichenstift auf den Kontouren der Musterzeichnung mehr oder weniger schnell herum, und indem die auf- und niedergehende Nadel die Zeichnung durchsticht, fertigt er Schablonen mit enger oder weiterstehenden Oeffnungen.

Bei schwierigeren Partien der Zeichnung, bei denen die Nadel

nur langsamer geführt werden kann, läßt sich deren Geschwindigkeit durch angemessene Bewegung des Trittes bequem modifiziren und mit der mehr oder minder schnellen Griffelführung in Einklang bringen.

Beträgt auch die Hubhöhe der Nadel meist nur 3 Millimeter (Kurbelarm oder Exzentrizität 1½ Millimeter), so bedingt doch die beträchtliche Geschwindigkeit, mit welcher die Nadel arbeitet, eine sehr präzise Ausführung dieser Maschine und namentlich einen leichten und zentrischen Gang der Rollen, möglichst schwache Schnüre ꝛc., weil selbst die geringsten Hindernisse, sich schnell aneinanderreihend, als störende Erschütterungen auftreten. Diese Bedingung erhöht sich aber dann noch um so mehr, wenn ein größerer Nadelhub erzielt oder überhaupt stärkeres Schablonenpapier oder mehrfache Lagen von schwächerem durchstochen werden sollen.

Da das Material zu den meisten Theilen dieser Maschine, und zwar zu der Säule, zum Balancier, zu sämmtlichen Rollen, zum Griffel mit Stab und zu den Schrauben aus Messing besteht, so besitzt dieselbe zwar ein eleganteres Aeußere als andere, setzt jedoch ein zeitweises Putzen voraus. Auch würden eiserne Rollen vorzuziehen sein, da sonst die Schnüre nach einigen Jahren Spuren einarbeiten, in denen sich die Knoten der Schnüre einklemmen und so den Gang der Maschine stören können.

Die Heubner'sche Schablonenstechmaschine.

Eine in mehrfacher Beziehung abweichende und besondere Vortheile bietende Schablonenstechmaschine ist die Heubner'sche. Dieselbe besitzt ihre Haupteigenthümlichkeit darin, daß der Griffelstab beseitigt und dadurch der Vorzug eines weit größeren Spielraumes erzielt worden ist, auf welchem mit dem Griffel bei vollkommen gleichmäßigem Stiche gearbeitet werden kann, ohne das Papier so häufig, wie es sonst nöthig wäre, nachschieben zu müssen. Wenn man bei einer Maschine mit Griffelstab nicht aus einem Kreise von ¾ Zoll Durchmesser herausgehen darf, damit die Nadel nicht zu tief oder zu seicht steche oder der Stich nicht ungleich werde, so läßt sich dagegen mit dem Heubner'schen Griffel wegen des weggelassenen Stabes auf einer Kreisfläche von 8—10 Zoll Durchmesser und mit ganz gleichmäßiger Tiefe des Stiches arbeiten, weil der Griffel dabei immer senkrecht steht. Diese Beseitigung des Stabes hat eine wesentliche Modifikation

des Griffels selbst bedungen. Durch vermehrte Masse des Letzteren ist das Gewicht des bei anderen Maschinen zur Schnurspannung dienenden Stabes, welches einen Theil des Gegengewichtes ausgleicht, ersetzt worden. Das Schnurröllchen ist dabei im Griffel so angebracht, daß derselbe beim Aufhube oder Niedersetzen stets willig seine senkrechte Stellung behält, wie dies auch beim Arbeiten selbst stets der Fall ist, da er nur im Schnurlaufe hängt und nicht der Neigung des Stabes zu folgen hat. Daraus erklärt sich auch die Zweckmäßigkeit der breiten Basis des Griffels, die, wenn sie auf der Zeichnung fortgleitet, das Senkrechtführen des Letzteren bedingt und erleichtert.

Durch die Figuren 1—9 auf Taf. 129 ist die Heubner'sche Maschine dargestellt und die Bezeichnung der einzelnen Theile derselben, soweit solche mit denen der vorigen Maschine übereinstimmen, beibehalten. [1]

Fig. 1 zeigt die Vorderansicht und

Fig. 2 die Seitenansicht, beide in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe.

Fig. 3—6 stellen den Griffel F in der Vorder- und Seitenansicht sowie im Grundrisse und von der unteren Endfläche in $^1/_2$ der natürlichen Größe dar.

Fig. 7 zeigt den Balancier in $^1/_6$ im Grundrisse und

Fig. 8 und 9 die Seitenansicht und den Grundriß des Trittes in $^1/_8$ der natürlichen Größe.

Die Figuren 1 und 2 lassen zunächst aus der Stellung des Tisches und Trittes ersehen, daß die Richtung des letzteren nicht wie bei der vorigen Maschine mit der des Balanciers gleich ist, sondern eine rechtwinklige darauf und hiernach auch die Placirung des Arbeiters selbst eine abweichende ist.

Die gußeisernen Seitenwände AA des Gestelles sind unterhalb durch zwei eiserne Stäbe bb, etwas über der halben Höhe durch einen gerippten Querriegel c und oberhalb durch die Wangen a a, die zugleich einen Schubkasten B aufnehmen, mit der Tischplatte d verbunden. Außerhalb an der rechten Gestellwand ist auf den kurzen Bolzen e e das vertikale Riegelstück f verschraubt, um daran und

[1] Das im Nachfolgenden ausgedrückte Zollmaß ist sächsisches; 1 sächsischer Zoll = 23,6 Millimeter.

in der Gestellwand die Achse g des Schnurrades D sicher zu lagern. Diese Achse trägt die Kurbel h, durch welche die vom Tritte k ausgehende Bewegung vermittelst der Zugstange i auf das Schnurrad D übergetragen wird. Der gußeiserne durchbrochene Tritt k Fig. 8 u. 9 ist mit seinen angegossenen Augen auf dem vorderen unteren Verbindungsstabe aufgeschoben und durch Stifte festgehalten.

Auf der Tischplatte d ist die aus ³/₈ zölligem Rundeisen hergestellte Säule E verschraubt, die den eisernen Balancier C mit dem Gegengewicht y, zugleich aber auch die Achse für die Schnurrollen mm trägt, durch welche der vom Schnurrade und den Leitrollen ll ausgehende Schnurlauf nach den Rollen nn im vorderen Ende des Balancier geführt wird und in seinem herabhängenden Ende den Griffel F aufnimmt. Die genannten 6 Röllchen sind von Eisen und haben gehärtete gußstählerne Naben, welche an dergleichen Achsen laufen.

Der Körper des Griffels F ist massiv aus Messing gegossen und demselben eine Sohle von Stahlblech angelöthet. Die kleine stählerne Welle o des eisernen Röllchens p hat vorn einen exzentrisch angedrehten Zapfen, welcher gut gehärtet ist und den lagerförmigen Theil des stählernen Kopfstückes q vom darin verschraubten Nadelstifte r aufnimmt, um denselben mit der Nadel auf- und niederzuführen. Der im Griffel eingeschraubte stählerne Stift s geht genau durch die spaltförmige Oeffnung des Stückes q, wodurch dessen Senkrechtführung mit dem Nadelstifte r bedungen wird. Ein Verrutschen des Stückes q wird durch eine aufgeschraubte stählerne Mutter t verhindert. Die Seitenansicht Fig. 4 nimmt letztere als abgeschraubt an. Unterhalb besitzt das Stück q eine federharte und aufgeschnittene Schraubenmutter, welche das etwas stärker geschnittene Schraubenende des Nadelstiftes r federnd festklemmt. Die kleine Nuth, welche unten dem Nadelstifte eingefeilt ist, dient dazu, um für den Fall, daß die Nadel beim Einschieben in den Stift, was mittelst einer Drahtzange geschieht, abbrechen sollte, das im Stifte zurückgebliebene Nadelstückchen herausschieben zu können; denn die Nadel bricht solchenfalls immer glatt am Ende des Stiftes ab. Das Bohrloch für die Nadel verjüngt sich nach oben etwas, um beim Einschieben der Nadel diese festzuklemmen. Die Griffelspitze u ist ebenfalls aus gehärtetem Stahl und in der Stärke der Nadel durchbohrt. Das oben auf dem Griffel

aufgeschraubte hakenförmige Stück v verhindert das Abgleiten der Schnur vom Röllchen, wenn der Griffel schräg gehalten oder seitlich an der Säule des Balancier aufgehangen wird. Letzteres geschieht am Haken w.

Als weitere Vortheile dieses Griffels sind den oben schon theilweise angegebenen noch zuzufügen, daß man damit 6—8 Zoll lange Linien ohne abzusetzen ziehen kann, und daß kleine Zeichnungen sich damit ebenso schnell, größere mit weiter ausgezogenen Linien dagegen fast doppelt so schnell, als durch einen Griffel mit Stab arbeiten lassen. Ferner ist die Konstruktion dieses Griffels solid und einfach, er kann leicht zerlegt werden und hat keine vorspringenden Theile, welche den Arbeiter, wie bei andern Griffeln, zu einer schrägen Kopfhaltung nöthigen, um die zu stechende Zeichnung zu übersehen; auch kann die Schnur leicht ein- und ausgehangen werden, ohne sie, wie bei dem französischen, zerschneiden zu müssen. Die Einstellung der Nadel endlich, auf die sehr viel ankommt, ist durch die Schraube des Nadelsstiftes r leicht und präcis auszuführen.

Es gehört jedoch zu diesem Griffel ein Schnurlauf der oben angegebenen Art, bei welchem namentlich das Gegengewicht y am Balancier die Schnur immer gleichmäßig angezogen hält. Da dieses Gegengewicht einen Theil des Gewichtes am Griffel aufzieht, so bleibt derselbe ohngeachtet seines Uebergewichtes immer noch führbar.

Noch bleibt über den in einen viereckigen Ausschnitt der Tischplatte d einzuschiebenden Stechklotz x zu bemerken, daß derselbe aus Lindenholz besteht und die beiden Stechflächen Hirnholz bilden, die möglichst eben abgehobelt und vorgerichtet werden müssen; da die geringsten Unebenheiten den Zug des Griffels stören. Das Lindenholz ist in dieser Beziehung am besten geeignet, da es nach längerer Benutzung eine sammetartige Oberfläche annimmt, wogegen die Oberfläche des früherhin auch benutzten Ahornholzes nach längerem Stechen eine harte und körnige Beschaffenheit annahm. Ein zähes und feinjähriges Lindenholz ist weicherem und grobjährigem vorzuziehen.

In Frankreich benutzt man keine Stechbreter von Lindenhirnholz, sondern eine Platte von feinem abgetragenem Hutfilz. Für das bei uns gebräuchliche weichere Schablonenpapier, welches die Mitte zwischen Schreib- und Druckpapier hält, würde sich eine solche Unterlage nicht

eignen, sie setzt ein stärker geleimtes, härteres Schablonenpapier voraus, wie man es in Frankreich und in der Schweiz anwendet.

Der Steckklotz x läßt sich bequem herausziehen, so daß man abwechselnd bald die obere, bald die untere Fläche benutzen kann.

Da diese Maschine nur einen Schnurlauf besitzt, so folgert sich aus dem Verhältnisse des Durchmessers vom Schnurrade zu dem der Griffelrolle, welches nahe wie 36 zu 1 ist, die Zahl der Nadelstiche für eine Umdrehung des Schnurrades ebenfalls annähernd zu 36.

Aus dieser Beschreibung, bei welcher bereits die Angabe des Materiales erfolgte, ist zu erkennen, daß alle diejenigen Theile der Maschine, welche der Reibung ausgesetzt sind, aus Eisen oder aus gehärtetem Stahl bestehen.

Ueber die für Herstellung und Anwendung der Schablonen dienenden Materialien.

Schablonenpapier. Als sehr zweckentsprechend sind die dünnsten und gut geleimten Sorten des sogenannten Rollenpapieres zu empfehlen und auch immer dann vorzuziehen, wenn man mehrere Schablonen oder Papierlagen auf einmal stechen will. Der Anwendung der gewöhnlichen Sorten Schreib- und Briefpapier tritt theils der Preis, theils auch die meist zu große Dicke und das zu kleine Format entgegen. Dickeres Papier erheischt auch tiefer und größer gestochene Löcher, in welchem Falle daher die Nadel nach Erforderniß etwas mehr hervortreten muß.

Bei denjenigen Schablonen, für welche man starkes Papier verwendet hat, oder bei solchen, die auf weicher Unterlage gestochen sind, pflegt man den Aufwurf, den die Nadel auf der Rückseite bildet, mit Bimsstein abzuschleifen. Dieses Abschleifen muß vorsichtig geschehen, und ist dabei die Schablone auf dem mit Tuch überzogenen Arbeitstische auszubreiten und mit Gewichten zu belasten.

Sind jedoch die Löcher nicht zu fein und die Schablonen auf vom Splinte genommenen Lindenhirnholze gestochen, so wird das Abschleifen ganz unnöthig. Noch mehr läßt sich aber dem Aufwurfe auf der Rückseite begegnen und dabei zugleich vermeiden, daß die Nadel durch die schon im Holzklotze eingestochenen Löcher abgeleitet wird, wenn man der zu stechenden Schablone noch einen Papierbogen unterlegt und den Holzklotz zuweilen befeuchtet und mit einer

Ziehklinge abzieht. Das Befeuchten ist überhaupt bei jeder Arbeitspause zu empfehlen. Es quellen dadurch die eingestochenen Löcher sofort wieder zu.

Das Stechen einer guten Schablone setzt eine gewisse Uebung des Arbeiters voraus, die er allerdings weit eher erlangen wird, wenn er im Zeichnen selbst geübt ist.

Sehr auffällig ist der Unterschied der Dauer einer gut oder schlecht gestochenen Schablone, denn während erstere ein mehrere 100maliges Abreiben und besseres Durchgehen der Farbe gestattet, kann letztere schon nach einmaligem Gebrauche untauglich sein.

Nadeln. Zum Schablonenstechen eignen sich vorzugsweise gute englische Nähnadeln, und namentlich hat sich die Nadelsorte Nr. 9 aus der rühmlich bekannten Fabrik von R. Hemming u. Sons mit der näheren Bezeichnung „Best countersunk-drilled-eyed-sharps“ sehr gut bewährt.

Ein grades Einstecken oder Einschieben der Nadel in die Kurbel- oder Schubstange bleibt stets eine nothwendige Bedingung.

Bei fortgehender Arbeit läßt sich eine solche Nadel mehrere Tage benutzen, ehe sie stumpf wird.

Bei der französischen Maschine werden nur abgebrochene Spitzen von feinen Nadeln benutzt, und es müssen die schlecht geschliffenen ausgeschlossen werden.

Bei der Heubner'schen Maschine werden im Griffel etwas stärkere Nadeln angewendet, als sie bei anderen Maschinen zum Stiche der ganz feinen Löcher in schwaches Schablonenpapier, wie es jetzt fast ausschließlich benutzt wird, passen würden. Es geschieht dies deshalb, weil eine ganz feine Nadel bei der Länge, welche dieselbe im Heubner'schen Griffel haben muß, beim Stechen etwas federn oder sich ein wenig zusammenstauchen würde. Die Spitzen dieser stärkeren Nadeln sind daher erst feiner zu schleifen. Für diesen Zweck dient ein kleines Schleifröllchen, wie man dergleichen jetzt auch für die Nadeln bei den Nähmaschinen benutzt. Dieses Schleifröllchen ist auf einem kleinen Gestelle so angeordnet, daß es mit der bequem auszuhängenden Griffelschnur getrieben werden kann. Da auf eine gutgeschliffene Nadelspitze, die sich recht gleichmäßig verjüngt und sehr spitz ausläuft, sehr viel ankommt, so ist das Schleifen jeder Nadel einzeln und mit aller Aufmerksamkeit und Sorgfalt vorzunehmen.

Harzfarbe. Je nach dem Stoffe, auf welchem Stickereien auszuführen sind, hat man auch verschiedene Harzfarben in Gebrauch. Wegen der Feinheit der Schablonenöffnungen muß die Harzfarbe sehr fein pulverisirt sein. Für die Zusammensetzung aus einem Harze, z. B. Kolophon, Schellack, Dammar ꝛc. mit Berliner- oder Pariserblau, Ultramarin, Zinkweiß und Kienruß folgen hier mehrere Angaben. a) Dunkelblaue Harzfarbe. Gleiche Theile Kolophon und Schellack werden zusammengeschmolzen und unter 1 Pfund der schmelzenden Harzmasse 10 Loth pulverisirtes Pariserblau eingerührt. Diese Mischung wird nun auf eine kalte Steinplatte ausgegossen, fein gestoßen, mit Wasser vermischt, fein abgerieben und dann wieder gut getrocknet. b) Hellblaue Harzfarbe erhält man, wenn man gleiche Theile Ultramarin und Kolophon erst trocken und dann naß auf einem Reibsteine fein reibt und die Farbe hierauf trocknen läßt. Durch Zusatz von ein wenig Pariserblau kann diese Farbe auch etwas tiefer gemacht werden. c) Schwarze Harzfarbe ist wie die dunkelblaue herzustellen, nur ist anstatt des Pariserblau Kienruß zu nehmen und davon in die schmelzende Harzmasse soviel zu mischen, als dieselbe bis zu dicker breiartiger Konsistenz aufnimmt. d) Weiße Harzfarbe. Gleiche Theile Dammar und Zinkweiß werden miteinander (nicht verschmolzen) erst trocken und dann mit Wasser vermischt fein abgerieben und wieder gut getrocknet.

Filzwischer. Der zum Durchreiben der Harzfarbe dienende Filzwischer muß als Haupteigenschaft eine sammetartige reibende Fläche besitzen. Ganz besonders gut eignet sich hierzu ein aus den Bauchhaaren des Hasen verfertigter feiner Filz von ungefähr 1 Linie Dicke. Ein etwa 2 Zoll breiter und 1½ bis 2 Fuß langer Streifen wird dicht gerollt und durch in der halben Höhe hineingestochene Stecknadeln zusammengehalten und die untere Fläche mit einem scharfen Messer eben geschnitten. Ein derartiger Filzwischer läßt einen jahrelangen Gebrauch zu. Besitzt die Farbe zuviel Harzgehalt, so verliert die reibende Seite des Wischers sehr bald die sammetartige Oberfläche, indem sie hart wird, und es muß dieselbe mit einer Kratzbürste oder Raspel wieder aufgearbeitet werden. Eine gute Farbe macht jedoch diese Arbeit überflüssig.

Der Filzwischer wird bequem mit dem farbigen Harzpulver versehen, indem man ihn auf der nicht ganz glatten Unterlage

des Pulvers, z. B. auf einer Pappscheibe reibend etwas fortbewegt.

Mag nun das Durchreiben des farbigen Harzpulvers zur Uebertragung eines Musters auf Stickereigrund oder auf Papier erfolgen, so ist in jedem Falle eine weiche Unterlage zweckmäßig, weshalb die Arbeitstische einen Ueberzug von baumwollenem Zeug oder Tuch erhalten. Besser aber ist es noch, das Tuch in einem besonderen Rahmen aufzuspannen, so daß es auf der Tischplatte aufliegt und der Rahmen dieselbe umschließt. Auf diese Weise läßt sich die Unterlage, auf welche beim Abreiben eines Musters auf Gewebe mehr oder weniger Harzpulver durchfällt, im Freien ausklopfen und so der Unreinlichkeit besser begegnen.

Die fertige Schablone wird dann auf den zum Vorzeichnen bestimmten Stoff aufgelegt, an den Seiten oder Ecken mit Gewicht belastet und mit dem Reiber, nachdem man ihm eine mäßige Quantität Pulver angerieben hat, über die gestochenen Partien der Schablone leicht hingefahren. Dabei kann man durch theilweises Aufheben der Schablone sich überzeugen, ob das Durchreiben überall vollständig erfolgt ist.

Ueber das Fixiren des farbigen Harzpulvers durch Wärme.

Die Siedhitze des Wassers ist zum Fixiren des Harzpulvers hinreichend. Könnte zwar dieser Hitzgrad ohne Nachtheil auch höher sein, so würde dagegen eine geringere Temperatur das Harzpulver nicht vollständig fixiren und dies ein Verwischen des Musters zur Folge haben.

Die Art und Weise, wie der erforderliche Wärmegrad dem Harzpulver mitgetheilt wird, ist verschieden und würde auch an sich gleichgültig sein, wenn nicht durch das eine vor dem andern Verfahren die Fixirung sicherer, bequemer, schneller und selbst billiger stattfände.

In Paris hat man früher das Harzpulver mittelst heißer Plätteisen fixirt, indem ein solches auf den über einen Schämel weggezogenen Stoff abwechselnd gesetzt und davon schnell wieder erhoben und das Gewebe dabei entsprechend fortgerückt wurde. Auch bei uns benutzt man für diesen Zweck hier und da noch die gewöhnliche Plattglocke. Das Gewebe mit dem schablonirten Muster wird um-

gekehrt auf eine Tafel gelegt, mit der Plattglocke ausgestrichen oder, um ein Verschieben des Stoffes und Verwischen des Musters sicherer zu vermeiden, durch deren abwechselndes Aufsetzen fixirt.

Kleinere Muster lassen sich auf bequeme Weise durch eine mit Griff versehene Metallplatte von einigen Zoll Durchmesser und etwa $^1/_6$ bis $^1/_4$ Zoll Dicke, die man mittelst Weingeistflamme oder über einem Bunsen'schen Gasbrenner erhitzt, fixiren.

Ein sehr zweckmäßiges und bei etwas ausgedehnterem Betriebe jedenfalls das vortheilhafteste Verfahren ist das Fixiren mit einem Heißwasserapparate, wie solcher in Plauen schon längst angewendet wurde und fast durchgehends in Gebrauch gekommen ist. Derselbe besteht aus einem verschließbaren Doppelzylinder aus Weißblech oder besser aus Kupfer von etwa 2 Fuß Länge, einem äußeren Durchmesser von $7^1/_2$ und einem inneren von 6 Zoll. Oberhalb mündet ein Sicherheitsrohr von ca. 2 bis 3 Fuß Höhe und am vorderen Ende ein verschließbares Einfüllrohr, welches nur $^2/_3$ der Höhe des Zylinders hat, damit nicht überflüssig Wasser eingefüllt werde. Dieser Wasserbehälter kann entweder durch einen kleinen Blechofen oder wo Gas vorhanden, noch bequemer durch Gasbrenner erhitzt werden.

Je nach der Dichtheit und Quantität des in dem inneren Zylinder eingelegten Gewebes sind mehrere Minuten bis $^1/_2$ Stunde zum Fixiren hinreichend.

Bemerkungen über anderweite Anwendungen gestochener Schablonen.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß die Anwendung derartiger Schablonen sich nicht allein auf den Vordruck für Stickereien beschränkt, sondern dafür ein viel weiteres Feld geboten wird. Sie ist z. B. zur Uebertragung von Musterzeichnungen in solchen Fällen sehr geeignet, in denen es sich um eine Vervielfältigung handelt, für welche die Lithographie zu theuer oder auch zu zeitraubend sein würde. Auf diesem Wege werden Stickereimuster von den Dessinateurs auf bequeme und schnelle Weise ausgeführt und verkäuflich gemacht oder als schablonirte Zeichnungen den Musterjournalen beigefügt. Ueberhaupt bietet die Anwendung von Schablonen für den Vorzeichner ein Mittel, welches ihn in den Stand setzt, die oft sehr mühevolle

Arbeit: Zeichnungen zu kopiren, zu pausen, zu vervielfältigen oder auf Stoffe überzutragen, sich ungemein zu erleichtern und lohnender zu machen.

Fr. Kohl.

Telegraphie (elektrische).[1]

Mögen immerhin unter den modernen großen Verkehrsmitteln der Völker Eisenbahnen und Dampfschifffahrt die ersten Plätze behaupten, so folgt ihnen jedenfalls zunächst die elektrische Telegraphie als jüngste, und wohl als reizendste der hehren Töchter unseres Jahrhunderts, deren geistiger Tiefe es vorbehalten war, die geheimnißvollste der Naturkräfte, welche bisher ihr wildes flüchtiges Naturell fast nur im zerstörenden Blitz und erschreckenden Donner kundgab, vollständig gezähmt in ihren Dienst zu ziehen und sie zu zwingen, dem leisesten Wink, dem leisesten Fingerdruck folgsam, geräuschlos, mit Gedankenschnelle und sklavischem Gehorsam, ohne eines Haares Breite von dem vorgeschriebenen Wege abzuweichen, den entferntesten Punkten des Erdballs, selbst durch die Tiefen des Ozeans zuzueilen und ihre Botendienste zu verrichten. Zeit und Raum sind überwunden, und wenn durch Mängel im Betriebe auf den zahlreichen Zwischenstationen Verzögerungen entstehen, wenn Depeschen von England nach Calcutta, die unter günstigen Verhältnissen nicht über 2 bis 4 Stunden beanspruchen, nicht selten an 4 bis 5 Tage brauchen, so fallen derartige Störungen der Telegraphie an sich nicht zur Last.

Zugleich liefert die, kaum 30 Jahre zählende Telegraphie den sprechendsten Beleg für die, unser Zeitalter karakterisirende Energie und Schnelligkeit, mit welcher neue Erfindungen, sobald sie sich als nutzbar erweisen, in allen civilisirten Ländern sofort ergriffen und, Dank den Fortschritten und dem so weit verbreiteten Studium der Naturwissenschaften, durch tausend intelligente, geschäftige Hände bearbeitet, rasch zu einem hohen Grade der Vollkommenheit sich emporschwingen.

Das Feld der elektrischen Telegraphie hat schon jetzt, so wie

[1] Die zu diesem Artikel gehörigen Zeichnungen sind auf den Tafel 130—134, mit durchlaufender Numerirung, enthalten.

ihre Drahtnetze die entlegensten Punkte der Erde umspinnen, auch an innerer wissenschaftlicher wie praktischer Ausbildung einen solchen Umfang gewonnen, daß der beschränkte Raum weniger Druckbogen, der dem vorliegenden Artikel zugetheilt werden konnte, nur einen kurzen, allen tiefer eingehenden Erörterungen ausweichenden Abriß des Gegenstandes zuläßt, und wir uns genöthigt sehen, diejenigen unserer Leser, welche umfassendere Studien beabsichtigen, auf einige neuere, den Gegenstand speziell behandelnde Werke, so das von Schellen „der elektromagnetische Telegraph" vierte Auflage 1867; dann von demselben Verfasser „das atlantische Kabel"; Rother „der Telegraphenbau" zweite Auflage 1867; Weber „das Telegraphen- und Signalwesen der Eisenbahnen" 1867; Zesche „die Kopirtelegraphen" 1865; Dub „Anwendung des Elektromagnetismus" 1863; Kuhn im 22. Band von Karstens Encyklopädie der Physik, worin sich die vollständige, ungeheuer umfangreiche Literatur über den Gegenstand bis zum Jahr 1859 verzeichnet findet; ferner Behm in Petermanns geographischen Mittheilungen (19. Ergänzungsheft); sodann unter der periodischen Literatur auf die Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins aufmerksam zu machen. Viele kleinere und größere Artikel findet man in den technischen und physikalischen Zeitschriften, namentlich in Dinglers polytechnischem Journal, im polytechnischen Centralblatt, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie u. a.

Es dürfte überflüssig sein, die umfassenden und so mannichfaltigen Dienste zu verzeichnen, die sowohl der Kaufmann und Banquier bei seinem Geschäftsbetrieb, als auch die periodische Presse durch schleunige Beschaffung politischer und anderer Neuigkeiten, die Diplomatie, die Polizei bei Verfolgung von Verbrechern, die Meteorologie und Schifffahrt bei Aufstellung der Sturmsignale, der Eisenbahnbetrieb, das Kriegswesen durch die Feldtelegraphen, der Dienst der Feuerwehr und so viele andere Zweige des öffentlichen Dienstes der Telegraphie verdanken. Zählt doch Europa allein an 8000 Stationen, welche sich zur Annahme von Depeschen darbieten, und bei den mehr und mehr erniedrigten Tarifen allmählich an die Stelle der brieflichen Korrespondenz zu setzen scheinen; soll doch in Amerika schon der Fall nicht nur einer telegraphischen Heirath zwischen einem Herrn in Boston und einer Dame in New-York, sondern selbst die Kopulation

eines Paares durch einen entfernt wohnenden Prediger vermittelst des Telegraphen erfolgt sein.

Den schlagendsten Beweis für die Wichtigkeit der Sache liefert die Energie, mit welcher von Regierungen und Privatgesellschaften die telegraphischen Unternehmungen, so namentlich die großen Probleme, mittelst unterseeischer Leitungen Süd-Asien und Amerika an Europa zu knüpfen, trotz aller Hindernisse, Unglücksfälle und enormen Kosten dennoch ins Werk gesetzt wurden.

Bedeutenden Vortheil, um noch eines speziellen Falls zu gedenken, zieht die Häringsfischerei an den norwegischen Küsten aus der Telegraphie. Man hat an dem ganzen Küstenstrich eine telegraphische Linie etablirt, mittelst deren, sobald sich an Einem Punkte die Ankunft der Häringschwärme bemerklich macht, sofort nach allen Punkten die Nachricht verbreitet wird, um die Fischer ans Werk zu rufen, später auch die Resultate der Fischerei, Preise und andere betreffende Mittheilungen bekannt gegeben werden.

Ohne die unzähligen europäischen Telegraphenlinien registriren zu können, nur bemerkend, daß sich am 1. Januar 1866 die Anzahl der Stationen des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins, die Länge der Linien und die Gesammtlänge der Drähte wie folgt, stellte:

	Zahl der Stationen	Länge der Linien	Länge der Drähte
Oesterreich	400[1]	2557,9 geogr. Meilen	5464,6 geogr. Meilen
Preußen	469	1906 „ „	6124,5 „ „
Bayern	79	423,6 „ „	989,1 „ „
Sachsen	35	167,4 „ „	390,7 „ „
Hannover	59	261,1 „ „	649,2 „ „
Württemberg	139	251,6 „ „	392,9 „ „
Baden	94	212,1 „ „	504,7 „ „
Mecklenburg	17	58,3 „ „	89,7 „ „
Niederlande	70	268,5 „ „	750,8 „ „
	1362	6106,5 „ „	15356,2 geogr. Meilen

beschränken wir uns auf die großen internationalen, theils schon vollendeten, theils im Bau begriffenen, theils projektirten Linien. Dahin gehören:

[1] Die Filialstationen, sowie die nur für die interne Korrespondenz zugänglichen Stationen sind in obiger Zahl nicht inbegriffen.

1) Die große kontinentale Linie von England nach Ostindien. Man hatte hierzu anfänglich den Weg über den Isthmus von Suez und durch das rothe Meer gewählt, aber das 1859 mit großen Kosten durch das rothe Meer gelegte Kabel versagte trotz vielfältiger Reparaturen bald seinen Dienst. Man gab dann diese Route auf und wählte eine ganz andere, die noch jetzt in vollem Betrieb befindliche durch die Türkei, um mittelst eines kürzeren, durch den persischen Golf gelegten Kabels Indien zu erreichen. Diese Linie, die sich in Belgrad an das österreichische Netz anschließt, läuft über Konstantinopel, Skutari, Angora, Diarbekir, Bagdad und Basra nach Fava am persischen Golf, geht von hier unterseeisch nach Abuschehr, von da wieder unterseeisch nach Gwadur an der Küste von Beludschistan, dann über Land nach Karatschi an der Mündung des Indus, von wo sich dann das indische Telegraphennetz südlich bis Ceylon und diese ganze Insel entlang, nördlich bis Attok an der Grenze von Kaschmir und östlich bis Pegu verbreitet. Dieses indische Netz ist bei Bagdad sowohl wie bei Abuschehr mit den persischen Linien, und durch diese über Tiflis mit dem russischen Netz in Verbindung gebracht, so daß man auch über Rußland mit Indien korrespondiren kann. Ist zwar die russische Route auch etwas billiger, so daß ein einfaches Telegramm von Berlin nach Calcutta 22 Thlr. 10 Sgr. kostet, während ein solches über Konstantinopel dem Tarif von 31 Thlr. 18 Sgr. unterliegt, so wird doch die letztere Route der ungleich schnelleren Beförderung wegen in der Regel vorgezogen.

2) Die russische Linie nach Persien. Rußland ist seit 1854 mit außerordentlicher Energie ans Werk gegangen, trotz der ungeheueren Entfernungen und Kosten über sein ausgedehntes Gebiet ein Telegraphennetz zu spannen und seine beiden Hauptstädte sowohl unter einander, wie auch mit den entferntesten und wichtigsten Städten des Reichs, mit den Leitungen der benachbarten europäischen Staaten, und endlich über den Kaukasus mit Persien zu verbinden.

3) Die russische Linie nach China. Diese große im Jahre 1862 begonnene und 1863 vollendete Linie geht von Kasan nach Irkutsk und Kiachta, gegen 600 geogr. Meilen betragend. Auf den sibirischen Leitungen gibt man den Tragstangen eine Höhe von durchschnittlich 26 Fuß bei einem Durchmesser von 6 Zoll am oberen Ende, und durchschnittlich 210 Fuß Entfernung von einander, in

einigen Gegenden jedoch, so namentlich auf den Steppen, muß die Entfernung eine geringere sein, um den Linien die nöthige Widerstandsfähigkeit gegen die gewaltigen Stürme zu verleihen, welche zu Zeiten diese Ebenen heimsuchen und mehrmals schon in einem Tage die ganze Leitung einer Steppe niederwarfen. In diesen vollkommen kahlen und offnen, nirgends durch Bewaldung geschützten Einöden bekleidet sich im Winter der Draht oft mit dicken zylindrischen Eismassen von 5 Zoll Durchmesser, deren enormes Gewicht im Verein mit der Wirkung des Windes schon eine bedeutende Stabilität der Leitung erfordert. Der 5 Millimeter (etwa $^1/_5$ Zoll) starke Eisendraht ist nicht galvanisirt, wohl aber in Oel abgebrannt und dadurch einigermaßen gegen Rost geschützt.

Hat auch bis jetzt sich China in seiner Abgeschlossenheit zu erhalten gewußt und sich einer Telegraphenverbindung von Kiachta nach Peking widersetzt, auf welcher Strecke gegenwärtig noch die in Kiachta anlangenden Depeschen durch die Fahrpost weiter befördert werden, so gelangt doch eine Depesche von London in 12 Tagen und zu dem verhältnißmäßig geringen Preise von 29 Rthlr. nach Peking. Sollte sich die Nachricht bestätigen, daß es einer amerikanischen Gesellschaft gelungen sei, die Konzession zum Bau einer Telegraphenleitung von Kanton über Hongkong, Amoy, Futschau, Ningpo und Schanghai nach Peking zu erlangen, dann wäre an der ferneren Verbindung zwischen Peking und Kiachta kaum mehr zu zweifeln und es wäre damit eine Telegraphenverbindung von jedem Punkte Europa's nach dem entlegenen Kanton eröffnet.

4) die große russisch-amerikanische Linie, gegenwärtig etwas in Stockung gerathen, verdankt ihre Entstehung den früheren mißlungenen Versuchen der transatlantischen Kabellegung und der (seitdem widerlegten) Hoffnung, leichter und schneller eine Verbindung durch Sibirien und die Beringstraße herzustellen. Eine 1864 in Amerika zusammengetretene Gesellschaft begann ihre Arbeiten durch Herstellung einer Telegraphenverbindung von San Francisco mit New Westminster und beendigte die Tracirung der weiteren Linie bis an die Beringstraße. Russischerseits übernahm es die Regierung die 404 geogr. Meilen lange Strecke von Werchne-Udinsk, dem östlichsten Punkt der Linie nach Kiachta, bis Chaborowka an der Mün-

dung des Usuri in den Amur, von wo aus eine Leitung bis Nikolaewsk an der Mündung des Amur bereits besteht, zu bauen.

Die Verbindung der amerikanischen mit der asiatischen Linie soll durch zwei unterseeische Kabel vermittelt werden, deren eines von 42 Meilen Länge von der Mündung des Anadyr nach dem Kap Schpanberg, das zweite von 38 Meilen Länge von der Senjavinstraße aus die Beringsstraße durchsetzt, um am Grantley-Hafen in der Port-Clarence-Bai auf amerikanischen Boden überzugehen. Wenn gleich durch den Verkauf der russischen Besitzungen in Amerika an die Vereinigten Staaten, sowie durch das endliche Gelingen des konkurrirenden transatlantischen Telegraphen eine augenblickliche Stockung eingetreten ist, so soll doch russischer- wie amerikanischerseits die bestimmte Absicht vorliegen, das begonnene große Werk, dessen größter Theil durch die bereits vollendete Linie nach Kiachta fertig disponibel vorliegt, auch vollends zur Ausführung zu bringen.

5) Die Linie quer durch die Vereinigten Staaten nach San Francisco wurde 1862 vollendet und besitzt, von New-York an gerechnet, eine Länge von 862 geographischen Meilen. Sie geht zum großen Theil durch die unwirthlichsten Steppen und ödesten Felsengebirge und gestattet mit Hülfe der neuen Dampfschiffverbindung zwischen San Francisco und Japan dem Kaufmann in New-York in Zeit von drei Wochen Nachrichten aus Japan zu beziehen. So gelangte die am 27. Februar in Jeddo aufgegebene Nachricht von der beabsichtigten Reise des Bruders des Taikun von Japan nach Paris, mit dem Dampfer am 20. März nach San Francisco und war, über New-York per atlantisches Kabel weiter befördert, am 22. März in allen deutschen Lokalblättern zu lesen.

6) Die beiden für jetzt vorhandenen atlantischen Kabel, der Triumph der Telegraphie, werden gegen Ende unsers Artikels ausführlicher besprochen und bilden schon jetzt eine zusammenhängende Telegraphenlinie von British Columbia an der Ostküste des großen Ozeans nach Europa und Asien bis an die chinesische Grenze und, nach Beendigung der im Bau begriffenen Linie von Kiachta nach Nikolaewsk an der Mündung des Amur, bis an die Westküste des großen Ozeans, sowie nicht minder durch eine zweite Weltlinie nach Hinterindien.

Außer diesen großen Weltlinien zählen Europa und Amerika

eine Menge kleinerer, obwohl zum Theil immer noch sehr ansehnlicher submariner Verbindungen; so von England nach Frankreich, Holland, Belgien, Deutschland, mehrfacher Verbindungen mit Irland nicht zu gedenken; das Mittelmeer zählt die Kabel nach Dutzenden, so zwischen Frankreich, Korsika und Algier, Italien, Sizilien und Sardinien, den Balearen und Spanien, Italien-Malta-Tripoli, von wo die Leitung über Bengasi nach Alexandria in Aegypten weiter geht, mehrere im griechischen Archipel, im Bosporus und in der Straße von Kertsch. Schweden hat submarine Verbindungen mit Dänemark, Deutschland und der Insel Gotland. Nordamerika soll etwa 95 größere und kleinere Kabel in seinen Gewässern beherbergen; Australien hat sich mit Tasmanien und Neuseeland verbunden, und es fehlt nur noch die Linie von Indien nach Australien, um die ganze civilisirte Welt telegraphisch zu vereinigen.

Aber mit dem zunehmenden Verkehr wächst auch das Bedürfniß, und so ist eine Menge von Projekten aufgetaucht, deren Verwirklichung man mit großer Wahrscheinlichkeit entgegensehen darf. So bezweckt eine Gesellschaft in New-York eine Kabellegung von der Chesapeak-Bai über die Bermudas und Azoren nach Lissabon; eine französische Compagnie desgleichen von Frankreich nach Amerika, eine englische Gesellschaft eine Kabellegung von Falmouth in England nach Halifax in Neuschottland; die Indo-European Telegraph Company eine neue Telegraphenlinie nach Indien mit einem Kabel durch das schwarze Meer. Spanische Kapitalisten beabsichtigen, Kuba und Portorico mit Mexiko und Panama telegraphisch zu verbinden; die amerikanische International Ocean Telegraph Company beabsichtigt, Kabel von Florida nach Havana, von Cuba nach Sto. Domingo und Portorico, später nach Jamaika, Panama und British Guyana zu legen. Der durch eine amerikanische Gesellschaft bezweckten Verknüpfung der chinesischen Häfen von Hongkong im Süden mit Tientsin im Norden haben wir bereits Erwähnung gethan und schließen die Aufzählung der neuesten Projekte mit der Bemerkung, daß auch Australien an der Herstellung eines Ueberlandtelegraphen von den Ansiedelungen in Queensland nach dem Golf von Carpentaria arbeitet, und daß die, freilich schon einmal mißglückte unterseeische Verbindung zwischen Singapore und Java der Wiederaufnahme und der Weiterführung nach Australien entgegensieht.

Wir werden den vorliegenden Artikel eintheilen in:

1) Geschichtliches.

2) Vorbemerkungen aus der Lehre von der Elektrizität und dem Elektromagnetismus.

3) Die Telegraphenleitungen.

4) Die Apparate.

5) Unterseeische Telegraphie.

6) Läutwerke und dergleichen.

Geschichtliches.

Wenn sich die jetzige Telegraphie vorzugsweise auf elektromagnetische Wirkungen gründet, deren Entdeckung in das Jahr 1820 fällt, so wurden doch schon im vorigen Jahrhundert Vorschläge gemacht, mittelst der Elektrisirmaschine zu telegraphiren. Die erste bekannt gewordene Idee ist in einem Briefe eines unbekannten Verfassers zu Renfrew am 1. Februar 1753 ausgesprochen und in einem englischen Journal veröffentlicht. Er will so viele Drähte wie Buchstaben in Entfernungen von 20 zu 20 Yards mittelst gläserner Befestigungen oder Harzkitt an Stangen aufhängen, die vorderen Enden der Drähte in die Nähe des Konduktors einer Elektrisirmaschine bringen, die hinteren dagegen mit herabhängenden Messingkugeln versehen und nahe unter jede der letzteren ein Papierstückchen, mit einem der 24 Buchstaben bezeichnet, legen. Sowie nun eines der vorderen Drahtenden mit dem Konduktor in Berührung gebracht wird, hebt sich in Folge der elektrischen Anziehung der betreffende Buchstabe.

1774 konstruirte Lesage in Genf einen ähnlichen Telegraphen, nur mit dem Unterschiede, daß er die hinteren Enden der Drähte mit je zwei an Fäden herabhängenden Kügelchen von Fliedermark versah. Brachte er eines der vorderen Drahtenden mit dem Konduktor in Berührung, so trat Abstoßung und Divergenz der Kügelchen, und damit die Bezeichnung des betreffenden Buchstaben ein. Für weitere Entfernungen schlug er vor, die Drähte innerhalb einer Röhrenleitung von inwendig glasirten Thonröhren auszuspannen.

Aehnlich, aber nur eines Drahtes bedürftig war der 1787 von Lomond ausgedachte Telegraph. Er hatte zwei Zimmer seines Hauses durch einen isolirten Draht in Verbindung gebracht, das

hintere Ende ebenfalls mit Fliedermarkkügelchen versehen, und suchte die verschiedenen Buchstaben dadurch zu bezeichnen, daß er durch mehr oder weniger starkes Elektrisiren entsprechend stärkere oder schwächere Divergenz der Kügelchen hervorrief und so durch Kombination der zwei Divergenzgrade die Buchstaben signalisirte.

1794 wurde von Reiser die Blitztafel zum Telegraphiren empfohlen. Bekanntlich ist dies eine mit Reihen kleiner Stanniolstückchen beklebte Glastafel, welche im Dunkeln mit den Belegungen einer geladenen Flasche berührt, eine Funkenreihe erscheinen läßt, wodurch eine Figur momentan zum Vorschein kommt. 24 solcher Tafeln sollten die Buchstaben des Alphabets signalisiren.

In welchem Grade diese älteren, auf irgend größere Entfernungen, die denn doch den einzigen Zweck der Telegraphie bilden können, völlig unbrauchbaren Vorschläge selbst dem Gebiet des Kindischen und Lächerlichen angehören, zeigt der Vorschlag von Cavallo, 1795, welcher mittelst Entladungen der Leydener Flasche durch eine lange Leitung mehrerer Drähte verschiedene brennbare Körper, als Pulver, Phosphor, Aether und dergleichen entzünden und dadurch verschiedene Signale geben wollte.

Solche Ideen und Vorschläge mit Anwendung der Reibungselektrizität reichen selbst bis zum Jahr 1816, wo Ronalds den folgenden sinnreich ausgedachten Apparat vorschlug: Es soll sich an jeder der korrespondirenden Stationen eine Sekundenuhr befinden und eine Scheibe drehen, auf deren Peripherie die 24 Buchstaben verzeichnet sind. Vor jeder Scheibe befindet sich ein Schirm mit einem kleinen Fensterchen, vor welchem die Buchstaben vorbeipassiren. Der von der einen zur anderen Station führende, gut isolirte Leitungsdraht trägt an beiden, dem vorderen sowohl wie dem hinteren Ende ein Paar an Fäden hängender Fliedermarkkügelchen. Beim Telegraphiren soll der Draht mittelst einer Elektrisirmaschine elektrisch gemacht und dadurch auf beiden Stationen das Divergiren der Kügelchen bewirkt werden. Sowie nun auf der sprechenden Station der zu signalisirende Buchstabe das Fenster passirt, soll man durch Berührung den Draht entladen und dadurch auf beiden Stationen das gleichzeitige Zusammensinken der Kügelchen bewirken. Vollkommen gleichen Gang beider Uhren, somit auch der Scheiben vorausgesetzt, muß sich auf der empfangenden Station derselbe Buchstabe

vor dem Fenster befinden, wie auf der sprechenden. — Verdiente auch diese Idee vor den meisten früheren entschieden den Vorzug, so mußte sie doch wie alle übrigen an der Unmöglichkeit scheitern, die Leitungen auf große Entfernung hinreichend zu isoliren, um bei der so außerordentlich großen Spannkraft (Intensität) des reibungs-elektrischen Stromes den Verlust desselben durch Abströmen auf dem langen Wege zu verhindern.

Eine zweite Periode der elektrischen Telegraphie eröffnete Sömmering 1811 durch Anwendung des galvanischen Stromes, welcher bei seiner geringen Spannung leicht in genügender Weise zu isoliren war. Als Mittel zum Signalisiren bediente sich Sömmering der durch den elektrischen Strom bewirkten Wasserzersetzung. Er legte der Münchener Akademie in einer Denkschrift den vollständig ausgearbeiteten Plan seiner Erfindung vor und bewies die Ausführbarkeit durch ein Modell mit einer 2000 Fuß langen Drahtleitung, welche aus 35 feinen, mit Seide besponnenen, dadurch isolirten und zu einem Seil vereinigten Messingdrähten bestand. 34 derselben, den 24 Buchstaben und 10 Ziffern entsprechend, tauchten mit den Enden in kleine, mit angesäuertem Wasser gefüllte Gläschen, während der 35. Draht als gemeinschaftlicher Rückleiter fungirte und sich zu dem Zweck in 34 Enden verzweigte, die in dieselben Glasgefäße eintauchten. Wurde an der entfernten sprechenden Station irgend einer der 34 Drähte mit dem einen Pol einer galvanischen Batterie, der Rückleitungsdraht aber mit dem anderen Pol in Berührung gebracht, so war der Strom genöthigt, seinen Weg durch das Wasser eines der Gläschen zu nehmen und gab sich durch Gasentwicklung an der Oberfläche der eingetauchten Drähte zu erkennen.

Wenn die Sömmering'sche Erfindung zur Zeit weder sonderliche Beachtung noch auch praktische Verwendung fand, so mag der Hauptgrund darin zu suchen sein, daß weder Publikum noch Regierungen das Bedürfniß einer Sache fühlten, deren immense Vortheile sie ebenso wenig aus Erfahrung kannten, als sie von ihrer Zukunft eine Ahnung haben mochten, wie ja auch, in Europa wenigstens, die ersten Telegraphenlinien nur als Hülfsmittel für den Eisenbahndienst in Ausführung und Verwendung gekommen sind.

Die von Sömmering angeregte Idee der Benutzung chemi-

scher Wirkungen zum Signalisiren hat, wenn auch in abgeänderter Form, sich bis zur Neuzeit hinein erhalten und zuerst von dem Engländer Bakewell 1848 bei seinem merkwürdigen Kopiertelegraphen, sowie 1850 von Bain, 1851 von Du-Moncel, 1853 von Gintl, 1856 von Hipp, 1858 von Brooman und in demselben Jahre von Caselli sehr interessante Anwendungen gefunden. Statt der Wasserzersetzung bedienen sich die meisten der ebengenannten Erfinder eines mit einer Lösung von Blutlaugensalz und Salzsäure getränkten Papiers, welches in Berührung mit einem eisernen Stift unter gleichzeitigem Durchgang eines elektrischen Stromes sich durch Bildung von Pariserblau blau färbt, ohne Strom aber ungefärbt bleibt.

Die dritte und wichtigste Periode beginnt mit der durch v. Schele (oder nach der üblichen, obwohl unrichtigen Angabe von Oersted) 1820 gemachten Entdeckung des Elektromagnetismus. Nachdem besonders durch den von Schweigger erfundenen Multiplikator die Möglichkeit dargethan war, auch durch die schwächsten Ströme eine Magnetnadel von ihrer Richtung abzulenken, lag es sehr nahe, davon zum Zweck des Telegraphirens Gebrauch zu machen. Ampère schlug vor, für jeden Buchstaben und jede Zahl, ganz so wie Sömmering, eine Drahtleitung nach der anderen Station zu führen und die durch dieselben zirkulirenden Ströme auf Magnetnadeln einwirken zu lassen.

Ritchie vereinfachte den Ampère'schen Apparat in etwas und gab in einer Vorlesung in der Royal Institution eine Beschreibung, in der er gegen die Ausführbarkeit der elektrischen Telegraphie große Zweifel äußerte. Sein Apparat wurde später, 1837, von Alexander in Edinburgh im Modell ausgeführt und öffentlich gezeigt.

Einen weiteren Schritt in der Sache machte der Baron Schilling von Cannstadt in Petersburg, indem er die Zahl der Drähte auf sechs reduzirte, von welchen der eine zur Rückleitung diente, während die fünf übrigen mit ebenso vielen Multiplikatoren in Verbindung standen und ihre Magnetnadeln in Bewegung setzten. Je nachdem er durch Umkehrung des Stromes die Nadeln rechts oder links ausschlagen ließ, hatte er zehn Signale, welche nun, seiner Absicht nach, nicht direkt Buchstaben, sondern die 10 Ziffern,

und so durch Kombination derselben Zahlen signalisiren sollten, die dann mit Hülfe einer Art Lexikon Buchstaben und Wörter angeben konnten. Leider unterbrach sein frühzeitiger Tod die Vollendung der Arbeiten, die besonders mit den Schwierigkeiten genügender Isolirung so langer Drahtleitungen zu kämpfen hatten.

Als im Jahr 1833 Weber, zum Zweck seiner mit Gauß geführten wissenschaftlichen Untersuchungen über die kurz vorher von Faraday entdeckten magnet-elektrischen Ströme, das außerhalb der Stadt Göttingen gelegene magnetische Observatorium durch zwei, an den Thürmen und Häusern der Stadt fortlaufende Drähte mit dem mitten in der Stadt liegenden physikalischen Kabinett verband, ergab sich, daß der an seidenen Fäden hängende, inmitten der Drahtwindungen eines großen Multiplikators befindliche Magnetstab des Observatoriums durch einen im physikalischen Kabinett erregten magnet-elektrischen Strom leicht, und zwar je nach der Richtung des Stromes beliebig rechts oder links ausschlagen gemacht werden konnte. Lag hierin auch nur eine Bestätigung bekannter Thatsachen, so war doch zum erstenmal eine Signalisirung durch eine lange, im Freien ausgespannte Drahtleitung wirklich zur Ausführung gebracht. Dem erschwerenden Uebelstande, daß der in Schwingung versetzte Magnetstab erst nach längerem Hin- und Herschwingen wieder zur Ruhe kam, und man jedesmal einige Zeit verlor, bevor das nächste Signal gegeben werden konnte, begegneten sie dadurch, daß sie nach Erregung eines Stromes sofort einen in entgegengesetzter Richtung laufenden Strom nachschickten, welcher den Magnet, nachdem er in Folge des ersten Stromes nur eine kurze Zuckung gemacht hatte, wieder in die Ruhelage zurückbrachte. Außerdem brachten sie, um unzeitigen Schwingungsbewegungen des Magnets entgegen zu wirken, den sogenannten Dämpfer, nämlich ein kupfernes Gehäuse um den Magnetstab, aber inmitten der Spirale an. Da nämlich hier die Bewegung des Magnets in dem umgebenden Kupfer einen magnet-elektrischen Strom hervorruft, welcher auf den Magnet eine, seiner jedesmaligen Bewegung entgegengesetzte Kraft ausübt, so ergibt sich daraus eine Hemmung, die den Magnet nach wenigen kurzen Schwingungen in seine Gleichgewichtslage zurückführt. Die mittelst eines Spiegels und Fernrohrs beobachteten Zuckungen des Magnets dienten nun, je nach ihrer Richtung links oder rechts, oder durch

mehrmalige Folge oder anderweite Kombination zur Signalisirung der Buchstaben.

Während Gauß und Weber ihre wissenschaftlichen Forschungen verfolgten, begann Steinheil in München, von den Ersteren dazu ermuntert, dem Gegenstande im Sinn einer praktisch nutzbaren Telegraphie ein ernstes Studium zu widmen und einen für telegraphische Zwecke bequemen Apparat zu konstruiren. Vom Könige von Bayern mit den erforderlichen Mitteln unterstützt, stellte er 1837 zwischen München und der Sternwarte in Bogenhausen eine etwa $^3/_4$ Meile lange Drahtleitung her und setzte, ebenso wie die Göttinger Gelehrten, mittelst magnet-elektrischer Ströme zwei innerhalb einer und derselben Multiplikatorspirale befindliche Magnetnadeln in Bewegung, die entweder an zwei verschiedene Glocken schlugen oder auf einem fortrückenden Papierstreifen schwarze Punkte hervorbrachten. Es wurde dabei durch Umkehrung des elektrischen Stromes beliebig die eine oder die andere Nadel in Aktivität gesetzt. Eine andere, später von Steinheil ausgeführte Leitung gab ihm Veranlassung zu der so wichtigen und folgenreichen Erkenntniß, daß der feuchte Erdboden vollkommen gut als Leiter benutzt und statt des Rückleitungsdrahtes in den Kreislauf eingeschaltet werden konnte, wodurch sich die Kosten der Leitung bedeutend reduzirten.

Am 12. Juni 1837, zu einer Zeit, wo der Steinheil'sche Telegraph bereits vollendet war, erhielten Wheatstone und Cooke, von welchen der Letztere während seines Aufenthaltes in Heidelberg die Steinheil'sche Erfindung kennen gelernt hatte, ein Patent auf einen Nadeltelegraphen, dessen Leitung aber noch fünf Drähte beanspruchte. Es gebührt ihnen aber das Verdienst, bei diesem hauptsächlich für Eisenbahnzwecke bestimmten Telegraphen wieder auf den durch eine galvanische Batterie erregten Strom zurückzukommen, der sich für telegraphische Zwecke am besten eignet.

Im September 1837 machte Morse in New-York seinen gegenwärtig so weit verbreiteten Apparat bekannt, welcher mittelst eines Stiftes auf einem sich fortbewegenden Papierstreif Punkte und Linien eindrückte, durch deren Kombination sich ein Alphabet herstellen ließ. Aber die zum Eindrücken lesbarer Zeichen erforderliche Kraft war viel zu groß, als daß ein durch lange Leitungen geführter und dadurch geschwächter Strom ihr hätte Genüge leisten können, und erst

durch das von Wheatstone erfundene, ebenso sinnreiche wie zweckentsprechende Relais, welches mittelst einer unmittelbar neben dem Telegraphen aufgestellten Lokalbatterie dem schwachen Strom der Leitung einen weit kräftigeren Strom substituirte, gelang es, diesem Mangel des Morse abzuhelfen, welcher zuerst 1843 auf einer vom Repräsentantenhause angeordneten und mit 30,000 Dollars subventionirten längeren Leitung mit Erfolg zur Anwendung kam. Bald folgten noch andere Linien, so auf der Eisenbahn von Albany nach Boston (220 englische Meilen), von New-York nach Albany (280 Meilen) und andere. In demselben Jahr (1843), nachdem auch England bereits größere Linien, obwohl mit Beibehaltung des durch Patente gesicherten Nadeltelegraphen, hergestellt hatte, fing auch Deutschland seine Erfindung weiter zu nutzen an. Es war im Jahr 1843, als die Verwaltung der Rheinischen Eisenbahn eine Telegraphenlinie in der Nähe von Aachen durch einen Engländer ausführen ließ, wobei noch vier Drähte erforderlich waren. Eine zweite Leitung kam zwei Jahre später längs der Taunuseisenbahn zu Stande und wurde mit nur Einem Draht von Fardely aus Mannheim ausgeführt. In eben diesem Jahre erhielt Frankreich seine erste Telegraphenlinie von Paris nach Rouen.

Der ursprünglich von Gauß und Weber, auch von Steinheil angewandte magnet-elektrische Induktionsstrom räumte überall dem galvanischen Strom das Feld, und erst später ist hier und da, neuerdings häufiger, jedoch nie bei sehr langen Leitungen, auf ihn zurückgegangen.

Vorbemerkungen über Elektrizität und Elektromagnetismus.

Die Elektrizität, wie sie durch die bis jetzt bekannten Erzeugungsmittel, sei es durch Reibung (Reibungselektrizität), durch Berührung (Galvanismus oder Kontaktelektrizität), durch Magnetismus (Magnetelektrizität, Induktionsströme), durch Wärme (Thermoelektrizität), durch bis jetzt unbekannte Ursachen in der Atmosphäre (Luftelektrizität), oder im thierischen Körper (animalische Elektrizität) hervorgerufen wird, zeigt zwar unter allen Umständen qualitativ dieselben gleichen Eigenschaften, quantitativ aber gewisse Unterschiede, wodurch sich für die Zwecke der Telegraphie die eine mehr, die andere weniger eignet. Ein solcher Unterschied liegt besonders in

dem Grade der Expansivkraft oder der Kraft, mit welcher sie sich anderen Körpern mittheilt und sich auf ihnen verbreitet und die sich ihrer Weiterverbreitung entgegensetzenden Widerstände zu überwinden vermag. Es liegt zwar auf der Hand, daß die Telegraphie bei der großen Länge der Leitungen einer genügenden Kraft des elektrischen Stroms bedarf, aber bei allzu großer Expansivkraft desselben gelingt es nicht mehr, ihn genügend zu isoliren und ein Ueberströmen auf benachbarte Körper, selbst die feuchte Luft, zu verhindern. Von dieser Art ist der Strom der Reibungselektrizität, welcher daher, wie auch die älteren mit der Elektrisirmaschine gemachten verunglückten Versuche darthun, der Telegraphie nie dienstbar gemacht werden konnte, wogegen der galvanische Strom, obwohl immer noch kräftig genug, doch ohne Schwierigkeit sich isoliren läßt, dabei aufs genaueste den ihm vorgeschriebenen Weg durch die vorhandene Leitung, gleichviel ob gerade aus oder in tausendfältig verschlungenen Windungen, verfolgt und sich dadurch den Zwecken der Telegraphie wundervoll anschließt. Größer schon tritt die Expansivkraft bei dem magnetelektrischen (Induktions-) Strome auf, obwohl nicht in solchem Grade, daß nicht dieser Strom auf kürzeren Distanzen noch genügend isolirt werden könnte, wogegen er für große Entfernungen unbrauchbar wird.

Die bei allen Arten der Elektrizitätsbewegung thätige Kraft, durch welche die Trennung der positiven von der negativen Elektrizität zu Wege gebracht wird, die elektromotorische Kraft, muß die Anziehung, die sie gegen einander ausüben, überwinden und so zu sagen die eine zur rechten, die andere zur linken Seite schieben und sie in dieser Trennung erhalten. Bietet sich ihnen aber Gelegenheit, auf irgend einem Wege sich wieder zu vereinigen, und wäre dieser Weg auch noch so lang, so thun sie dies, kehren somit in den neutralen Zustand zurück und gehen für die Beobachtung spurlos verloren.

Eine galvanische Batterie ist ein Apparat, in welchem gewisse zusammengestellte Körper durch die gegenseitige Berührung elektromotorisch wirken und die positive Elektrizität (+ E) nach dem einen, die negative (— E) nach dem anderen Ende des Apparates, seinen Polen, treiben und sie hier in mehr oder weniger konzentrirtem Zustande, der elektromotorischen Kraft des Apparates entsprechend, er-

halten. Je stärker diese Anhäufung und Zusammendrängung, mit um so größerer Gewalt werden sie, sobald ihnen durch eine von Pol zu Pol gehende Drahtleitung ein Weg eröffnet wird, von beiden Seiten in denselben eintreten, um ihre Wiedervereinigung zu vollziehen. Gleichzeitig entwickelt die Batterie neue Mengen Elektrizität, wodurch ein fortdauerndes Trennen und Wiederzusammenströmen, der elektrische Strom, zu Stande kommt.

Der bekannte Unterschied zwischen guten und schlechten Leitern beruht auf dem geringeren oder größeren Widerstande, den sie dem elektrischen Strom entgegensetzen. Zu den ersteren gehören vornehmlich die Metalle, sowie scharf geglühete Kohle; zu den letzteren Schwefel, Glas, Porzellan, Harze, besonders Kautschuk und Guttapercha, Seide, Kollodium und Luft. Absolute Nichtleiter sind nicht bekannt. Zu den Halbleitern sind die meisten Flüssigkeiten zu rechnen.

Die für die Telegraphie so wichtige Leitungsfähigkeit der verschiedenen Metalle wurde schon von Vielen verglichen, doch scheinen die Bestimmungen nach Rieß, Pouillet und Müller das größte Vertrauen zu verdienen.

Den Widerstand des Kupfers = 1 gesetzt, ergaben sich folgende Zahlen:

	Nach Rieß.	Nach Pouillet.	Nach Müller.
Kupfer	1	1	1
Silber	0,67	0,73	—
Gold	—	0,97	—
Messing	—	3,57	3,95
Platin	6,66	4,54	—
Eisen	5,88	5,88	7,02
Neusilber	11,33	—	15,47
Quecksilber . . .	—	38,46	—

Die in diesen Angaben vorkommenden Abweichungen dürfen nicht befremden, wenn man sieht, welche große Unterschiede bei einem und demselben Metalle je nach seiner größeren oder geringeren Reinheit vorkommen.

So fand Holzmann, den Widerstand eines hartgezogenen Silberdrahtes = 1 gesetzt:

Chemisch gereinigtes Kupfer	1,07
Amerikanisches Kupfer vom Lake Superior . .	1,12

Australisches Kupfer	1,17
Englisches Kupfer	1,48
Spanisches Kupfer (arsenhaltig)	7,32
Kupfer mit 1,6 Proz. Zink	1,30
Kupfer mit 0,48 Proz. Eisen	2,89
Kupfer mit 1,33 Proz. Zinn	2,06
Kupfer mit 1,22 Proz. Silber	1,15
Kupfer mit 2,5 Proz. Phosphor	13,84

Außerordentlich groß ist der Widerstand der Flüssigkeiten. Becquerel ermittelte denselben, Silber = 1 gesetzt:

für gesättigte Lösung von Kupfervitriol	= 18450000
„ „ „ „ Kochsalz	= 3173000
„ „ „ „ Zinkvitriol	= 17330000
„ verdünnte Schwefelsäure (1 Schwefelsäure, 11 Wasser)	= 1128000

Noch bei weitem größer ist der Widerstand des reinen Wassers.

Im umgekehrten Verhältnisse steht natürlich die Leitungsfähigkeit der Körper; so leitet z. B. Kupfer 5,88 mal besser als Eisen.

Die Leitungsfähigkeit der Körper steht mit ihrem Querschnitt in geradem, mit ihrer Länge dagegen in umgekehrtem Verhältniß; man kann daher die geringere Leitungsfähigkeit durch einen entsprechend größeren Querschnitt ausgleichen, so daß ein Eisendraht von 5,88 mal größerem Querschnitt oder, was dasselbe ist, von 2,42 mal größerem Durchmesser als ein Kupferdraht mit diesem gleiches Leitungsvermögen besitzt. Auf dieser wichtigen Thatsache beruht die für die Telegraphie so folgenreiche Erscheinung, daß der feuchte Erdboden trotz seines so außerordentlich geringen Leitungsvermögens dennoch, in den Kreislauf des elektrischen Stromes eingeschaltet, als vortrefflicher Leiter fungirt. In der That ist der Widerstand, den der feuchte Erdboden dem Strome entgegensetzt, fast = 0 zu erachten, nur muß der Uebergang des Stromes in die Erde durch eine sehr große Berührungsfläche vermittelt werden, zu welchem Zweck man die Enden der Drahtleitung mit großen angelötheten Kupferplatten versieht und diese gehörig tief in die feuchte Erde versenkt.

Von hoher Wichtigkeit für die Telegraphie sind die Begriffe der Intensität (Spannung oder Expansivkraft) und der Quan-

tität (Stromstärke), erstere die Kraft, Hindernisse zu überwinden, z. B. sehr lange dünne Drahtleitungen zu durchlaufen, letztere die Menge der zirkulirenden Elektrizität, wenn man sich dieselbe als Materie vorstellt. Um durch einen Vergleich diesen Unterschied anschaulich zu machen, stellen wir uns vergleichungsweise zwei luftdicht verschlossene Gefäße vor, das eine sehr groß, das andere ganz klein. In beide werde Luft eingepumpt, in dem ersten aber nur eine geringe, in dem kleinen dagegen eine starke Verdichtung hervorgebracht. Wird nun in beiden eine Oeffnung frei gemacht, so entweicht aus dem großen Gefäße eine große Menge Luft, aber mit so geringer Kraft, daß man das Loch leicht mit dem Finger verschließen kann, während das kleine zwar viel weniger Luft, aber diese mit solcher Vehemenz entweichen läßt, daß sie den Druck des Fingers überwindet.

In dem Verhältniß zwischen Intensität und Quantität zeigt der elektrische Strom je nach der Art der Erregung ungeheuere Unterschiede, und wenn der Funke einer recht großen Elektrisirmaschine mit starkem Knall und blitzartiger Erscheinung auf mehrere Fuß Entfernung überspringt, so ist doch die hierbei wirksame Menge der Elektrizität kaum so groß, wie die eines winzig kleinen galvanischen Elementes; wohingegen der Strom der stärksten galvanischen Batterie nicht die nöthige Intensität besitzt, um auch nur auf die Entfernung der Dicke eines Menschenhaares von einem Leiter auf einen anderen überzuspringen. Zwar läßt sich die Intensität des galvanischen Stroms durch Vermehrung der Anzahl der Elemente bedeutend erhöhen, aber dennoch bleibt sie hinter jener der Maschinenelektrizität weit zurück. Der durch Magnetismus erregte Induktionsstrom steht zwischen beiden, nähert sich aber doch mehr dem galvanischen.

Die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes rivalisirt mit der des Lichtes. Ohne auf die so sinnreichen und scharfsinnigen Methoden näher eingehen zu können, die es ermöglichten, derartige Geschwindigkeiten zu messen, beschränken wir uns lediglich auf die Resultate.

Wheatstone (1834) fand die Geschwindigkeit in einem 1,7 Millimeter dicken Kupferdraht, durch welchen eine Batterie von Leydener Flaschen entladen wurde, = 62606 geographischen Meilen,

eine Geschwindigkeit, welche jene des Lichtes (42,000 Meilen) um die Hälfte übertrifft, und mit welcher der Strom den Erdball in einer Sekunde 11mal umkreisen würde. Bedeutend geringer, ohne Zweifel in Folge der geringeren Intensität, zeigt sich die Geschwindigkeit des galvanischen Stromes, obwohl sie nach der Dicke und dem Material des Drahtes bedeutende Differenzen ergeben hat.

Versuche von Walker (1849) in Amerika auf der Leitung von Washington-Philadelphia-Newyork-Cambridge, welche übrigens kein großes Vertrauen zu verdienen scheinen, ergaben 28,524 englische Meilen = 6361 geographischen Meilen. Mitchel (1849) fand sie = 6186 Meilen. — Fizeau und Gounelle bestimmten sie in einem Kupferdraht von 2,5 Millimeter Durchmesser zu 177,720 Kilometer = 23,951 Meilen, in einem Eisendraht von 4 Millimeter Durchmesser dagegen zu 101,700 Kilometer = 13,705 Meilen. — Spätere, 1850 von Walker und Gould auf der Leitung von Washington und St. Louis vorgenommene Versuche ergaben in einer Eisendrahtleitung von 2,66 Millimeter Dicke 3232 und 3656, im Mittel also 3444 Meilen. Guillemain und Burnouf bestimmten sie in einem Eisendraht von 3,54 Millimeter Dicke zu 24,258 Meilen. — Unter Berücksichtigung der den verschiedenen Messungen zuzuschreibenden Glaubwürdigkeit dürfte die Annahme von etwa 6000 geographischen Meilen für Eisendraht von der bei Telegraphenleitungen üblichen Dicke der Wahrheit ziemlich nahe kommen, eine Geschwindigkeit, die immer noch den Umfang des Erdballs übertrifft und z. B. für 100 Meilen den 60. Theil einer Sekunde betragen würde.

Der Ausdruck „elektrischer Strom" ist insofern unpassend gewählt, als er leicht zu der irrigen Idee verleitet, als bewege sich die Elektrizität mit der angegebenen Geschwindigkeit in ähnlicher Weise, wie man von der Geschwindigkeit eines Wasser- oder Luftstromes redet. Aber weit davon entfernt, bezeichnet das Wort nur die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Eintritt eines elektrischen Stromes in das eine Ende eines Leiters am anderen Ende desselben zu erkennen gibt, wobei die wirkliche Geschwindigkeit, mit welcher die elektrische Materie selbst sich fortbewegt, vielleicht eine ganz geringe sein mag. Der Vorgang ähnelt der Fortpflanzung des Lichtes oder des Schalles. Anschaulicher noch wird die Sache durch Ver-

gleichung mit einer langen, wassererfüllten Röhre, in deren einem Ende ein genau anschließender Kolben sich befinde. Würde man durch Fortbewegung des Kolbens die ganze in der Röhre eingeschlossene Wassersäule noch so langsam fortschieben, so würde sich doch die Bewegung auch am hinteren Ende fast gleichzeitig einstellen. Offenbar wäre es irrig, wollte man diese rasche Mittheilung der Bewegung von einem Wassertheilchen auf das andere einen Strom nennen.

Galvanische Batterien. Die von Volta erfundene und nach ihm benannte Volta'sche Säule, bei welcher zwei Metalle, gewöhnlich Kupfer und Zink, sowie eine die Elektrizität leitende Flüssigkeit, Salzwasser oder Alaunlösung, in abwechselnder Reihenfolge auf einander gethürmt oder horizontal neben einander gebracht wurden, hat später sehr wesentliche Verbesserungen erfahren, die theils eine stärkere, theils eine länger fortdauernde Wirkung bezweckten. Sie haben den Namen „konstante" Batterien erhalten, obwohl auch ihre Wirksamkeit allmählich abnimmt. Die jetzt gebräuchlichen Batterien bestehen in einer Anzahl sogenannter Elemente, deren jedes wieder in einem Gefäße von Glas oder Steingut die Metallplatten und Flüssigkeiten enthält.

Die Daniell'sche Batterie. Zink und Kupfer. Daniell, der Erfinder der konstanten Batterie, kam auf die glückliche Idee, die leitende Flüssigkeit aus zwei getrennten, jedoch sich berührenden Flüssigkeitsschichten herzustellen, deren jede mit einem der beiden Metalle, aber nicht mit dem anderen in Berührung ist, woraus der große Vortheil erwächst, daß nun solche sehr kräftig erregende Flüssigkeiten, wie Salpetersäure und Kupfervitriollösung, zur Anwendung kommen können, die früher wegen der vehementen Einwirkung auf das Zink ausgeschlossen bleiben mußten. Zur Trennung der beiden Flüssigkeitsschichten ohne Beeinträchtigung ihrer Berührung unter einander wandte Daniell thierische Blase an. Weit dauerhafter und in jeder Hinsicht bequemer sind die jetzt allgemein gebräuchlichen zylindrischen Thonzellen von schwachgebrannter, daher poröser Steingutmasse. Jedes Element der Daniell'schen Batterie enthält innerhalb des Bechers zunächst eine zylindrisch gebogene Platte von Kupferblech, etwa 5 bis 6 Zoll hoch, in derselben die Thonzelle und innerhalb dieser das Zink, entweder in Gestalt eines

Blechzylinders oder besser eines gegossenen kreuzförmigen Körpers. Den Raum außerhalb der Thonzelle, in welchem sich die Kupferplatte befindet, füllt man mit einer gesättigten Lösung von Kupfervitriol, den inneren Raum dagegen mit stark verdünnter Schwefelsäure. Um aber das Zink gegen die auflösende Wirkung der Schwefelsäure zu schützen, überzieht man es oberflächlich durch Einreiben mit Quecksilber. Man vereinigt eine beliebige Anzahl solcher Elemente in der Art, daß das Kupfer des ersten mit dem Zink des zweiten, das Kupfer des zweiten mit dem Zink des dritten u. s. f. durch einen metallenen Bügel verbunden wird. In Folge der elektrischen Erregung zersetzt sich das Kupferoxyd des Vitriols, indem sich das Kupfer wie bei der Galvanoplastik, M. s. Bd. III. der Supplemente S. 190, auf die Kupferplatte des Elementes niederschlägt, während der Sauerstoff, sowie die freiwerdende Schwefelsäure des Vitriols nach dem Zink wandern und dieses auflösen. Wird durch zeitweiligen Zusatz von Kupfervitriol die Lösung im Zustande der Sättigung erhalten, so kann die Wirkung der Batterie wohl Tage lang ziemlich ungeschwächt fortgehen, aber den telegraphischen Anforderungen gegenüber, die eine selbst Monate lang andauernde, möglichst gleichmäßige Wirkung erheischen, zeigt sich die Daniell'sche Batterie mit gewissen Mängeln behaftet. Theils dringt ein Theil der Kupferlösung durch die poröse Zellenwand, wird durch das Zink zersetzt und bekleidet es mit einem Kupferschlamm; theils bildet sich auf der Oberfläche und selbst in den Poren der Thonzelle ein Absatz von metallischem Kupfer, der die Poren verstopft. Es sind daher verschiedene, diese Uebelstände mehr oder weniger beseitigende Verbesserungen vorgeschlagen und allgemein in Gebrauch gekommen, welche zwar einen ungleich schwächeren, aber doch bei der Empfindlichkeit der telegraphischen Apparate immer noch genügend starken Strom geben, dabei aber viele Monate lang fast ungeschwächt fortarbeiten.

Besonders interessant und gegenwärtig wohl am meisten gebräuchlich ist die Meidinger'sche Batterie, bei welcher jede poröse Zwischenwand in Wegfall kommt und nur das verschiedene spezifische Gewicht die beiden Flüssigkeiten, nämlich Lösungen von Kupfervitriol und von Bittersalz, getrennt erhält. Fig. 1 auf Taf. 130 zeigt ein solches Element im Durchschnitt. Der äußere Glasbecher

aa von 9 Zoll Höhe und 6 Zoll Durchmesser besitzt die aus der Figur ersichtliche, unten etwas eingezogene Gestalt, um die zylindrische, sich an das Glas dicht anlegende Zinkplatte bb in ihrer Lage zu erhalten. Am Boden ist das kleine Gefäß cc mit Harzkitt befestigt und in diesem befindet sich die Kupferplatte dd, von welcher ein mit Guttapercha überzogener Kupferdraht e sich aus dem Apparat erhebt, um die Verbindung mit dem Zink des nächsten Elementes zu vermitteln. Ein zweiter Draht h führt zur Zinkplatte. In das weite Loch des gläsernen Deckels ff wird ein, unten mit einem kleinen Loch versehenes Glasrohr g eingehängt, das man mit Krystallen von Kupfervitriol füllt und auch fernerhin, sowie sich derselbe auflöst, durch Nachschütten stets gefüllt erhält. Nachdem nun das ganze Gefäß mit einer verdünnten Lösung von Bittersalz gefüllt worden, beginnt der Kupfervitriol sich zu lösen und in Gestalt einer konzentrirten Lösung sich in dem Gefäße cc bis zum Niveau des Loches im Glasrohr oder wohl etwas höher zu sammeln, während darüber in einer fast scharf begrenzten Schicht sich Bittersalzlösung befindet. Hatte man das Zink an der Innenseite amalgamirt, so lösen sich die auf ihm sich absetzenden Unreinigkeiten von selbst wieder ab und sammeln sich in dem Raum außerhalb des Gefäßes cc. Die Meidinger'sche Batterie kann über ein Jahr in gleichmäßiger Thätigkeit bleiben, ohne eines Auseinandernehmens und Reinigens zu bedürfen.

Eine andere Modifikation der Daniell'schen Batterie ist die von Kramer, welche innerhalb des Zinkzylinders eine Thonzelle, in dieser einen Kupferzylinder, darin wieder eine Thonzelle und in dieser nochmals einen Kupferzylinder enthält. Der Erfinder bezweckt, dadurch den Uebergang von Kupfervitriol durch die Thonzelle nach dem Zink zu vermeiden, was jedoch nur theilweise gelingt.

Die Batterie von Siemens und Halske benutzt als poröses Diaphragma eine Schicht mit Schwefelsäure behandelter und dadurch in den gelatinösen Zustand versetzter Papiermasse. In den Becher kommt zu unterst ein spiralförmig gewundener Kupferstreif, über diesen eine Pappscheibe, auf diese die Papiermasse, endlich eine Scheibe Leinwand. Ein weites Glasrohr geht durch diese Schichten hindurch bis zur Kupferspirale und wird mit Kupfervitriol gefüllt, während ein gegossener Zinkzylinder, fast von dem Durchmesser des

Gefäßes, auf die poröse Wand gestellt wird. Man gießt nun durch das Glasrohr Wasser, um den unteren, die Kupferspirale enthaltenden Raum mit Vitriollösung zu füllen, in den oberen Raum aber Wasser mit Zusatz einer höchst geringen Menge Schwefelsäure, und bringt die von der Kupferspirale und von dem Zink ausgehenden Drähte mit den Metallen der benachbarten Elemente durch Klemmschrauben in Verbindung. Diese Batterie verlangt alle 14 Tage eine Reinigung, indem man das Zink nebst der Leinwandscheibe herausnimmt, ersteres abwäscht, letztere nöthigenfalls durch eine neue ersetzt.

Das von Minotto modifizirte Daniell'sche Element enthält zu unterst eine, den Becher etwa zur Hälfte füllende Schicht Kupfervitriol in Krystallen, darauf eine Kupferscheibe, auf dieser eine Sandschicht als Diaphragma und über dieser eine dicke Zinkscheibe. Da hier ein Nachfüllen von Kupfervitriol unmöglich, so geht die Wirkungsdauer mit der vollständigen Zersetzung des Kupfervitriols zu Ende. Es ist dabei nöthig, von Zeit zu Zeit die obere, mit Unreinigkeiten aus dem Zink vermischte Schicht des Sandes zu erneuen.

Alle diese mit den Diaphragmen verbundenen Unbequemlichkeiten beseitigt das vorhin beschriebene Meidinger'sche Element, welchem daher auch von den meisten Telegraphenämtern der Vorzug eingeräumt wird.

Die zwar außerordentlich kräftig, aber auch nur kürzere Zeit wirkenden Elemente von Grove (Zink-Platin), Callan (Zink-Gußeisen) und Bunsen (Zink-Kohle), in welchen konzentrirte Salpetersäure zur Anwendung kommt, übergehend, weil sie den Anforderungen der Telegraphie nicht entsprechen, haben wir noch die von Siemens und Halske eingeführte, auf vielen preußischen Telegraphenstationen in Gebrauch genommene Kohlenbatterie zu besprechen. Sie weicht von der Bunsen'schen wesentlich nur darin ab, daß die Salpetersäure ganz wegfällt und nur Eine Flüssigkeit, zwanzigfach verdünnte Schwefelsäure, zur Anwendung kommt. Die Zinkkerne sind, um der Schwefelsäure zu widerstehen, sehr gut zu amalgamiren. Batterien dieser Art sind nicht von sonderlich konstanter Wirkung, besonders wenn sie, bei Anwendung des Ruhestromes, wovon weiter unten, fast beständig geschlossen bleiben. Um

sie in gleichmäßigem Gang zu halten, wird alle fünf Wochen der fünfte Theil der Elemente entfernt und durch neu angesetzte vertauscht.

Eine besonders bei den Läutwerken einiger Eisenbahnen gebräuchliche ist die Alaunbatterie, aus Zink-Kupfer-Elementen ohne Thonzellen bestehend, mit einer ziemlich gesättigten Alaunlösung gefüllt. Sie hält ein halbes Jahr aus, ohne eines Wechsels zu bedürfen.

In Frankreich hat sich neuerlich die von Marié-Davy erfundene Quecksilberbatterie großen Ruf erworben. Es sind Zink-Kohlen-Elemente, bei welcher die Kohle in einen Brei von angefeuchtetem schwefelsaurem Quecksilberoxyd eingesenkt, das Zink dagegen mit reinem Wasser umgeben wird. Bei der Thätigkeit der Batterie wird Quecksilber reduzirt, während die Schwefelsäure sich dem Wasser mittheilt und das Zink allmählich auflöset. Sie hält sich reichlich ein halbes Jahr ohne einer Reinigung zu bedürfen Bei vergleichenden Versuchen gaben 38 kleine Quecksilberelemente, deren Becher nur 3½ Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmesser besaßen, einen gleich starken und bedeutend länger anhaltenden Strom als 60 Daniell'sche Elemente von größeren Dimensionen.

In England bedient man sich auf einigen Linien der Sandbatterie, einer horizontal liegenden Volta'schen Säule oder eines sogenannten Trogapparates, der Zwischenraum zwischen den Zink Kupfer-Plattenpaaren mit Sand oder Sägespänen, die mit verdünnter Schwefelsäure angefeuchtet wurden, gefüllt. Sie liefer einen sehr schwachen Strom und hält höchstens sechs Wochen aus, worauf man sie auseinander nehmen, die stark oxydirten Zinkplatten wieder blankscheuern (eine sehr mühsame Arbeit) und mit frisch angesäuertem Sand wieder einbringen muß.

Der Elektromagnetismus.

Nachdem 1820 v. Schele die von ihm zufällig gemachte Beobachtung, daß der durch einen Leiter gehende elektrische Strom auf eine benachbarte Magnetnadel einwirke, seinem Lehrer Oersted mitgetheilt und dieser die inhaltschwere Erscheinung näher erforscht und bekannt gemacht hatte, wurde von Schweigger der in der

Geschichte der Telegraphie so wichtige, von ihm mit dem Namen „Multiplikator“ belegte Apparat erfunden.

Befindet sich eine in ihrer natürlichen Stellung von Nord nach Süd zeigende Magnetnadel unter einem ihr parallelen Schließungsdraht, der die Pole einer Batterie verbindet, so übt der in ihm laufende Strom eine drehende Kraft auf die Magnetnadel, welche sich nun rechtwinklig zu der Richtung des Drahtes und Stromes stellt. Kehrt man die Richtung des Stromes um, so dreht sich die Nadel und nimmt die entgegengesetzte Stellung an. Ebenso ist die Stellung der Nadel eine entgegengesetzte, je nachdem sie sich oberhalb oder unterhalb des Schließungsdrahtes befindet. Läßt man denselben Draht erst oberhalb der Nadel, dann unterhalb derselben fortlaufen, so verdoppelt sich die ablenkende Kraft und es erwächst hieraus die Möglichkeit, durch eine sehr große Anzahl Drahtwindungen auch den schwächsten, auf keine andere Art wahrnehmbaren Strom durch die Ablenkung der Magnetnadel zu erkennen. Um den Strom zu zwingen, den Drahtwindungen zu folgen und nicht den näheren Weg querdurch einzuschlagen, muß der Draht isolirt, gewöhnlich mit Seide besponnen, werden. Wählt man einen sehr feinen Draht, vielleicht von der Dicke eines Zwirnfadens, so läßt sich eine außerordentlich große Anzahl von Windungen der Magnetnadel nahe bringen. Feine Meßapparate, welche aus der Ablenkung der Nadel die Stromstärke zu berechnen gestatten, sind die Tangenten- und die Sinusboussole.

Eine für die Telegraphie hochwichtige Rolle übernimmt der Multiplikator theils in seiner Anwendung beim Nadeltelegraphen, theils als Galvanometer oder Galvanoskop, welches bei keinem telegraphischen Apparate fehlt, da es dem Telegraphisten in jedem Augenblicke zeigt, ob Strom in der Leitung vorhanden oder nicht, auch annähernd die Stärke des Stromes erkennen läßt. Fig. 1, b und 1, a zeigen das gegenwärtig besonders in Preußen gebräuchliche Vertikalgalvanometer im Durchschnitt und Aufriß, Fig. 1, c den Magnetstab und den Zeiger. Die Spirale a a von sehr dünnem, ⅛ Linie starkem, mit Seide besponnenem Kupferdraht ist in zwei Hälften, jede 800 Windungen enthaltend, getheilt, so daß die Achse der Magnetnadel b, die in einem Gestelle c c

schwingt, frei hindurchreicht, um vorn den Zeiger d zu tragen, dessen Stellung an der vorderen Kreistheilung e e die jedesmalige Bewegung und Lage der Magnetnadel anzeigt. Die Enden der Spirale stehen mit den isolirten Messingplatten n n in Verbindung, welche man durch einen dazwischen gesteckten messingnen Stöpsel h in leitende Verbindung bringen kann, um unter Umständen den Strom direkt weiter zu leiten, ohne ihn zu zwingen, den langen Weg durch die Spirale zu beschreiben. Das Ganze befindet sich in einem kleinen zierlichen Kästchen i i von Mahagoniholz. Um in der Ruhelage die genau vertikale Stellung des Magnetstabes und des Zeigers herstellen zu können, dient ein kleiner, durch den Knopf m drehbarer Magnet o.

Elektromagnete. — Bringt man statt der Magnetnadel einen Stab weichen Eisens in die Spirale, oder umwindet man, was dasselbe ist, einen Eisenstab mit einer Drahtspirale, und leitet durch letztere einen elektrischen Strom, so erlangt das Eisen momentan magnetische Kraft und behält sie so lange als der Strom fortdauert. Ein auf solche Art vorübergehend magnetisirtes Eisen nennt man einen Elektromagnet. Die Lage seines Nord- und Südpoles hängt ab von der Richtung des elektrischen Stromes und geht in demselben Augenblick, wo man die Richtung des Stromes umkehrt, auch in die entgegengesetzte Lage über. Es erwächst hieraus die für die Telegraphie so hochwichtige Möglichkeit, auf weite Ferne hin mittelst einer Drahtleitung einen Eisenstab beliebig magnetisch oder unmagnetisch zu machen, sowie auch seine Pole nach Belieben momentan umzukehren. Die Stärke des Magnetismus hängt ab von der Stärke des Stromes und der Anzahl der Drahtwindungen; man gibt daher den für telegraphische Zwecke bestimmten Elektromagneten eine sehr große Anzahl, jedenfalls mehrere hundert Drahtwindungen, verwendet aber dazu der Raumersparniß wegen einen sehr dünnen Draht. Ein solcher setzt nun zwar dem Strom einen merklichen Widerstand entgegen; doch kommt derselbe kaum in Betracht bei dem Widerstande, den eine lange Linienleitung leistet, zu dessen Ueberwindung ohnehin Batterien von beträchtlicher Elementenzahl aufgestellt werden müssen. Die allgemein gebräuchliche Gestalt und Einrichtung der zu telegraphischen Apparaten dienenden Elektromagnete ist aus der Zeichnung Fig. 1, d ersichtlich. Zwei

zylindrische Stücke weichen Eisens a a sind auf einem unteren viereckigen Eisen b befestigt, so daß das Ganze eine fest zusammenhängende Eisenmasse, den Kern des Elektromagnetes, bildet. Die zylindrischen, aufrecht stehenden Stäbe sind mit einem außerordentlich langen, dünnen, durch Bespinnen mit Seide isolirten Kupferdraht bewunden, in der Art, daß die Windungen auf beiden Schenkeln in gleicher Richtung fortlaufen.

Magnetelektrizität. — Wenn, wie soeben gezeigt, der elektrische Strom im Stande ist, Magnetismus hervorzurufen, so findet der gerade entgegengesetzte Vorgang statt bei Erregung der Magnetelektrizität, der Induktions- oder induzirten Ströme. Wenn innerhalb einer geschlossenen Drahtspirale, deren Enden also sich berühren, in irgend einer Weise Magnetismus plötzlich zur Wirkung kommt, sei es durch Einbringen eines Magnetes, oder daß man einem bereits darin vorhandenen Eisenkern durch Berührung mit einem Magnete Magnetismus ertheilt, so hat dies das Auftreten eines kurzen, momentanen elektrischen Stromes in der Spirale zur Folge, sowie umgekehrt auch das plötzliche Verschwinden des Magnetismus einen, aber dem vorhergehenden entgegengesetzt laufenden momentanen Strom hervorruft. Wenn zwar auf diese Art nur kurze, augenblicklich vorübergehende Ströme auftauchen, so läßt sich doch denselben eine so schnelle Aufeinanderfolge ertheilen, daß sie in der Wirkung einem ununterbrochenen Strome nahe kommen. Diesen Zweck erfüllt die von Ettingshausen erfundene, später vielfach abgeänderte und verbesserte Rotationsmaschine, bei welcher vor den Polen eines kräftigen Stahlmagnetes ein Anker von weichem Eisen in schnelle Drehung versetzt wird, um, sowie seine Enden vor den Polen des Magnetes vorübergehen, abwechselnd magnetisch und wieder unmagnetisch zu werden, außerdem aber auch jedesmal seine Pole zu wechseln. Der Anker ist von einem sehr feinen, seidebesponnenen Kupferdraht in einer großen Anzahl Windungen umgeben, durch welche Spirale also, vorausgesetzt, daß sich ihre Enden in leitender Verbindung befinden, schnell einander folgende, aber stets die Richtung wechselnde Ströme laufen. Durch äußerst sinnreiche Vorrichtungen, auf deren Beschreibung wir, wie auf so vieles andere irgend Entbehrliche, verzichten müssen, gelingt es, allen Strömen eine und dieselbe Richtung zu ertheilen, obwohl

für gewisse telegraphische Apparate gerade dieser Stromwechsel wesentlichen Vortheil darbietet.

Es würde nun wohl die Rotationsmaschine wegen Entbehrlichkeit der jedenfalls unbequemen Batterien sich sehr empfehlen, wenn nicht einerseits der Betrieb einer Rotationsmaschine eine mechanische Drehkraft erforderte und andererseits der Induktionsstrom eine zu mächtige Intensität besäße, welche bei großen Entfernungen die genügende Isolirung erschwert. Es sind daher für jetzt, außer bei den Läutwerken der Eisenbahnen, die bei der geringen Entfernung von Station zu Station mittelst einer kleinen Rotationsmaschine vortrefflich zum Ansprechen gebracht werden können, ausgedehntere Anwendungen der Induktionsströme zum eigentlichen Telegraphiren, wenn auch, wie sich in dem Folgenden ergeben wird, keineswegs ausgeschlossen, doch aber im Ganzen wenig gebräuchlich.

Einrichtung der Telegraphen im Allgemeinen.

Die telegraphische Verbindung zweier Stationen A und B, um ihre gegenseitige Korrespondenz zu ermöglichen, erfordert eine Drahtleitung, die für den Hin- und Rückweg des elektrischen Stromes eigentlich eine doppelte sein müßte, wenn nicht, wie schon erwähnt, statt einer derselben, wie man zu sagen pflegt, zur Rückleitung des Stromes, der feuchte Erdboden mit so großem Vortheil eintreten könnte, daß sich der Widerstand fast auf Null reduzirt und doch die halbe Drahtleitung in Wegfall kommt. Je nach der gewählten Methode des Telegraphirens befindet sich entweder nur an der einen oder an jeder der Stationen, auch an den Zwischenstationen, eine galvanische Batterie, deren Pole zum Zweck des Telegraphirens mittelst des Schlüssels oder Tasters mit der Leitung in Verbindung gesetzt werden und, so lange der Schlüssel angedrückt bleibt, einen Strom in der Leitung unterhalten. Man bezeichnet diese Methode, bei welcher die Batterien nur zum Zweck des Zeichengebens geschlossen werden, für gewöhnlich aber geöffnet bleiben, mit dem Ausdruck des Telegraphirens mit Arbeitsstrom, im Gegensatz des Ruhestroms, bei welchem, wie namentlich bei Benutzung des Morse'schen Telegraphen, die Batterien für gewöhnlich geschlossen sind und Strom in der Leitung unterhalten, dagegen

beim Telegraphiren momentan geöffnet werden, mithin durch Stromunterbrechung wirken.

Befinden sich zwischen zwei Haupt- oder Endstationen mehrere Zwischenstationen, so sind auch deren Apparate mit der Leitung in Verbindung, so daß beim Sprechen irgend einer Station auf sämmtlichen übrigen dieselben Signale erfolgen. Da aber bei Abgang einer Depesche zuerst jene Station, für welche sie bestimmt ist, durch mehrmalige Signalisirung ihres Anfangsbuchstaben aufmerksam gemacht, „gerufen“ wird, so haben sich die übrigen nicht weiter darum zu kümmern, vielmehr ihre Apparate mittelst des Umschalters, wovon weiter unten, aus der Linie auszuschalten; doch würde es einem neugierigen Telegraphisten unbenommen bleiben, die Korrespondenz von einer anderen Station beliebig zu belauschen.

Die Leitungen.

Nachdem man in den ersten Jahren sich allgemein des durch seine Leitungsfähigkeit und Haltbarkeit den oxydirenden Witterungseinflüssen gegenüber ausgezeichneten Kupfers bediente, ist man später bei oberirdischen Leitungen davon zurückgekommen, theils weil die Weichheit des Kupfers dem Draht gestattete, sich allmählich zu längen und zwischen den Drahtstangen bogenförmig herabzuhängen, was bei einer größeren Anzahl von Drähten leicht dahin führen kann, daß sie bei starkem Winde hin- und herschwingen und zur großen Störung des Telegraphirens unter einander in Berührung kommen, theils wegen der nicht selten vorkommenden diebischen Entwendung des werthvollen und so leicht durch Einschmelzen unkenntlich zu machenden Kupferdrahtes. Trotz der 5,88 mal geringeren Leitungsfähigkeit des Eisens ist man ziemlich allgemein zu diesem übergegangen, pflegt aber den Draht zum Schutz gegen Rost wohl zu galvanisiren (verzinken). Wenn nun erfahrungsmäßig ein Kupferdraht von 1 Linie Durchmesser für telegraphische Leitungen hinreicht, so würde man einem Eisendraht einen 5,88 mal größerem Querschnitt, also einen Durchmesser von 2,23 Linien zu geben haben. Die in Deutschland gebräuchliche Dicke ist 1,9 bis 2,5 Linien, letztere auf den großen Verkehrslinien; im ersteren Fall wiegt die Meile Draht 1575 Pfund, im letzteren 2700 Pfund. Die größte Stärke,

$3^2/_3$ Linien, also fast $^1/_3$ Zoll, haben die Engländer in ihren ostindischen Besitzungen nöthig gefunden, um den Leitungen, deren sich die Affen mit besonderer Vorliebe bei ihren Turnübungen bedienen, die nöthige Tragkraft zu ertheilen. Der Telegraphendraht muß aus sehr reinem, aus mit Holzkohlen erblasenem Roheisen erzeugtem, phosphor- und schwefelfreiem Stabeisen angefertigt, dabei frei von Fehlstellen und in möglichst langen Stücken eingeliefert sein, um weniger Verbindungen zu bedürfen. Die gewöhnliche Länge der Drahtstücke beträgt 300 bis 600 Fuß. Ihre Verbindung unter einander bewirkt man entweder durch mehrfaches Zusammendrehen der Enden oder dadurch, daß man an jedes Ende ein Schraubengewinde schneidet, das eine rechts, das andere links gewunden, um beide dann in eine gemeinschaftliche Mutter einzuschrauben.

Die Tragstangen, gewöhnlich von Fichten- oder Kiefernholz, erhalten eine Länge von mindestens 21, höchstens 30, gewöhnlich 26 Fuß bei einem Durchmesser von 5 bis $5^1/_2$ Zoll am oberen Ende. Bei den großen Kosten der für eine längere Leitung erforderlichen Tragstangen und ihrer schnellen Zerstörung besonders am unteren in die Erde gegrabenen Ende hat man vielfach die bekannten Konservationsmittel des Holzes angewandt. Frühere Versuche, das untere Ende, so weit es in die Erde kommt, zu verkohlen, gaben unbefriedigende Resultate; besser gelingt es durch Imprägnirung mit Kupfervitriol nach Boucherie's Methode, nach welcher sich für eine Stange von 26 Fuß die Kosten des Imprägnirens auf etwa $1^1/_2$ Rthlr. stellen. Wohlfeiler, wenn auch nicht ganz so wirksam, zeigt sich die Anwendung von Chlorzink, deren Kosten sich für eine 26füßige Stange von etwa 7 Kubikfuß körperlichem Inhalt auf etwa $^1/_2$ Rthlr. berechnen. Als wirksamstes unter allen Konservationsmitteln hat sich bis jetzt das schwere Steinkohlentheeröl herausgestellt, dessen Gehalt an Kreosot oder Phenylalkohol sehr antiseptisch wirkt, auch der Schwamm- und Pilzbildung widersteht, wie ja auch die dem Schimmeln so sehr unterworfene Tinte durch die geringste Spur ihr zugesetzten Kreosots dagegen aufs wirksamste geschützt wird. Es ist aber nicht allein die chemische Wirkung des Kreosots, sondern auch die mechanische des Theeröles, welches durch Verstopfung der Poren dem Eindringen der Nässe in das Holz vorbeugt; nicht minder mag die zum Zweck dieser Im-

prägnation erforderliche scharfe Trocknung des Holzes bei 140° dazu beitragen, die sonst so schädlichen Safttheile in einen ausgedörrten, vielleicht selbst koagulirten Zustand zu versetzen. Leider hat der ziemlich hohe Preis von 6 bis 7 Sgr. pro Kubikfuß, also von 1½ Rthlr. für eine Stange, sowie die höchst unangenehme Handhabung der stark riechenden, die Hände und Kleidung der Arbeiter beschmutzenden Stangen ihre Einführung bisher auf wenige Telegraphenleitungen beschränkt.

Eiserne Tragstangen in Form schmiedeiserner Röhren, wie sie auch bei Gasleitungen in Anwendung sind, unten aber mit einer mehrere Fuße langen konischen Spitze, auch wohl mit einem Schraubengewinde versehen, um sie bequem in die Erde einschrauben zu können, sind der Kostbarkeit wegen nur ausnahmsweise, z. B. in Städten, zur Anwendung gekommen; doch findet man sie auch in der Schweiz längs der Eisenbahn von Sissach bis Läufelfingen und von St. Gallen nach Rorschach; sodann in Preußen auf der Strecke von Weißenfels nach Gera und von Berlin nach Potsdam, ferner auch in Spanien, Indien, Australien und Brasilien.

Versuche, lebende Bäume zur Befestigung der Drahtleitungen zu benutzen, sind vielfach mit vollkommen gutem Erfolge angestellt, nur müssen alle Zweige in der Nähe der Drähte weggenommen sein. Auf Java, wo gewöhnliche Stangen durch das feuchte Klima sowie durch die dort heimischen Termiten in kurzer Zeit zu Grunde gingen, hat man bereits gegen 30,000 Baumwollenbäume zu diesem Zwecke angepflanzt. Auch in Oesterreich, der Schweiz, Preußen und Nordamerika wurden Baumleitungen versucht, wobei jedoch in Folge der Schwankungen bei starken Windstößen die Drähte oft rissen. Man hat auf preußischen Linien diesem Uebelstande durch pendelartig aufgehängte Isolatoren mit Erfolg abgeholfen. Bei allen scheinbaren Vortheilen erlangten die Baumleitungen in Europa bisher nur geringe Ausdehnung.

Daß an Mauern, Brücken, in Straßen u. s. w. eiserne Träger der verschiedensten Gestalt vorkommen, bedarf kaum der Erwähnung.

Die in Deutschland meistens adoptirte Entfernung der Tragstangen von einander ist 240 Fuß, also 100 Stangen pro Meile; doch findet man sie bis zu 300, in England an einzelnen Stellen selbst zu 500 Fuß. In gebirgigen Gegenden sind mitunter sehr

große Stangenintervalle geboten, wie z. B. in Afrika auf der Linie von Blidah nach Medeah auf eine Länge von $2\frac{2}{3}$ Meilen nur 40 Stützpunkte, diese also in Entfernungen von durchschnittlich 1600 Fuß angebracht sind.

Die Isolatoren. — Gute Isolation der Drahtleitungen bildet das unumgänglichste Bedingniß der elektrischen Telegraphie. Das Material der Isolatoren anlangend, so schwankt die Wahl nur zwischen Glas, Porzellan und Hartgummi, denn die ebenfalls ausgezeichnet isolirende Guttapercha gestattet theils ihres hohen Preises, theils der Eigenschaft beim Erwärmen (durch starke Sonnenhitze) zu erweichen, theils endlich ihrer geringen Dauerhaftigkeit wegen, da sie durch Einwirkung der Luft sich allmählich zersetzt, zu Isolatoren keine Verwendung; aber auch unter den drei erstgenannten ist Glas der Gefahr des Springens unterworfen, Hartgummi aber reichlich theuer, Porzellan mithin unbedingt als bestes Material anzuerkennen.

Man gibt den Isolatoren zweckmäßig die Gestalt kleiner Glocken, um bei regnerischer Witterung wenigstens die untere Seite trocken zu erhalten, und befestigt sie mittelst eingegossenen Schwefels oder eines Schraubengewindes auf der eisernen Stütze, die in den Hals der Glocke hineinreicht, unten aber an die Tragstangen angeschraubt wird, während der Leitungsdraht oberhalb der Glocke in einer Kerbe im oberen Ende des Halses ruht und hier durch einen umgebundenen dünneren Draht festgehalten wird. Die Schwierigkeit, selbst bei starkem Nebel, dem größten Feinde der Isolation, die innere Seite der Glocke trocken zu erhalten, hat zu einer großen Menge verschiedener Formen geführt, unter welchen wir nur die des Obersten v. Chauvin, die sich als die beste bewährt zu haben scheint und seit 1862 für Preußen ausschließlich eingeführt ist, näher beschreiben und in Fig. 2 und 3 im Aufriß und Durchschnitt zeigen. Der Isolator von Porzellan hat die Gestalt einer Doppelglocke, wobei die Absicht obwaltete, die innere Glocke, den eigentlichen Hauptisolator, vor dem Bethauen dadurch zu schützen, daß man ihn mit einer zweiten äußeren Glocke, gewissermaßen einem Schirm, überdeckte, um so der Abkühlung der inneren durch Wärmestrahlung vorzubeugen, zugleich aber auch bei Nebel dem Eindringen desselben durch die tief hineingehende enge Hohlkehle, sowie den engen ring-

förmigen Raum zwischen der Stütze und der inneren Glocke entgegenzuwirken. Der Leitungsdraht a liegt in einer kleinen Auskerbung und wird durch einen um die Einschnürung des Halses gelegten dünnen Draht festgehalten.

Eiserne Isolatoren, Fig. 3, a, auf mehreren Linien noch jetzt in Gebrauch, haben sich sehr bewährt, scheinen aber dennoch durch die Chauvin'schen verdrängt werden zu sollen. Die Glocke ist von Eisen und wird direkt an die Tragstange angenagelt; in ihren Hals ist mit Schwefel eine röhrenförmige Porzellankapsel und in diese wieder, ebenfalls mit Schwefel, das obere Ende eines herabhängenden eisernen Hakens eingekittet. Dieser Haken, in welchen der Leitungsdraht zu liegen kommt, ist somit durch die Porzellankapsel und die doppelte Schwefelschicht vollständig isolirt. In England, dem Lande der Nebel, findet gegenwärtig eine der Chauvin'schen sehr ähnliche Form mehr und mehr Eingang. Im übrigen können wir bei der Legion verschiedener, in den verschiedenen Ländern gebräuchlicher, oft auf völliger Unkenntniß der Verhältnisse beruhender Isolatorformen uns des weiteren enthalten.

Um bei etwa nachlassender Spannung des Drahtes diese wieder herstellen zu können, bringt man hier und da in größeren Entfernungen Spannisolatoren an, deren zweckmäßigste Einrichtung sich aus Fig. 3, b und 3, c ergibt, die einen solchen und das untere Ende des aus dem eisernen Isolator herabhängenden Hakens zeigt, worin der nach beiden Seiten stark angezogene Draht durch Keile befestigt wird.

Unterirdische Leitungen. — Die den oberirdischen Leitungen stets drohenden Gefahren zufälliger oder absichtlicher Beschädigungen oder auch örtliche Schwierigkeiten, z. B. in Städten, mußten bald dahin führen, sie unterirdisch anzubringen. In großem Maßstabe wurden derartige Versuche im Jahre 1848 in Preußen unter Leitung des (damaligen) Lieutenants Siemens ausgeführt. Es mußten in großer Eile, durch die politischen Ereignisse geboten, zwei bedeutende Linien, von Berlin nach Frankfurt und nach Aachen, ausgeführt werden, ohne daß längere Erfahrungen über eine so schwierige Arbeit benutzt werden konnten. Man überzog den Kupferdraht mit vulkanisirter Guttapercha, wobei, in Folge der eilig hergestellten unvollkommenen Maschinen, der Ueberzug oft so exzentrisch

ausfiel, daß er an der einen Seite kaum Papierdicke behielt. Zudem stellte sich sehr bald eine Einwirkung des Schwefels auf das Kupfer ein, es bildete sich unter Anschwellung Schwefelkupfer, welches, zumal an dünnen Stellen, die Guttaperchadecke sprengte. Auch Nagethiere, als Ratten, Mäuse und Maulwürfe, welche die, ihre unterirdischen Gänge kreuzenden Drahtleitungen benagten, thaten das ihrige, bald hier, bald da die Isolirung zu stören, wo dann, obwohl nach einem systematischen Verfahren, aber jedenfalls mit Mühe und Zeitverlust, die fehlerhafte Stelle aufzusuchen und auszubessern war. Mußten auch diese Leitungen, da sie so oft ihren Dienst versagten, wieder aufgegeben werden, so ist man dennoch in vielen, obwohl nur in dringenden Fällen, darauf zurückgekommen. Zum Schutz der Guttaperchа hat man sie mittelst einer von Elliot erfundenen Maschine noch mit einem Bleiüberzug versehen, wobei der äußere Durchmesser der Bleihülle 3⅓, der innere 2⅚ Linien, mithin die Dicke des Bleiüberzugs ½ Linie betrug. Derartige Bleidrähte, für die Berliner Feuerwehr gelegt, haben, obwohl häufiger Reparaturen bedürftig, von 1852 bis 1863 ausgehalten. In Rußland, wo zwei solcher Drahtleitungen von Petersburg nach Moskau gelegt waren, hat man sich, der raschen Oxydation des Bleies wegen, genöthigt gesehen, sie bald wieder zu kassiren, wogegen gleiche unterirdische Leitungen in Nordamerika sich gut erhalten haben sollen.

Wenn sich auch die Kosten des 4 Fuß tiefen Versenkens in die Erde mit den Kosten der Tragstangen und Isolatoren oberirdischer Leitungen nicht ganz ausgleichen, so stellen sich die Kosten der Drahtleitung doch bei unterirdischer Leitung weit höher als bei oberirdischer. Die Meile erfordert nämlich

3	Ztr.	Kupferdraht	à	58⅓	Rthlr.	. . .	175 Rthlr.
3	„	Guttapercha	à	150	„	. . .	450 „
30	„	Blei	à	15	„	. . .	450 „
							1075 Rthlr.

Mit doppelter Guttaperchaumgebung kostete die Meile 1667 Rthlr., und gegenwärtig ist der Preis gar auf 2400 Rthlr. gestiegen, wogegen 16 Ztr. Eisendraht à 5 Rthlr. nur 80 Rthlr. kosten. Es gesellt sich hierzu der Umstand, daß nach Herstellung der ersten Leitung an denselben Tragstangen ohne weitere Kosten als die der

Isolatoren noch viele Leitungen befestigt werden können, wie z. B. die Tragstangen der durch Hannover gehenden Leitungen gegenwärtig 25 Drähte zu tragen haben; daß endlich auch bei Beschädigungen die schadhafte Stelle ungleich leichter aufzufinden und zu repariren ist als bei unterirdischen Leitungen.

Wegen der Vergänglichkeit des Bleies ist man in Fällen, wo gebieterische Umstände unterirdische Leitungen erforderten, meistens auf gußeiserne Röhren übergegangen, die, ganz ähnlich wie bei Gasleitungen unter einander verbunden, ein Kabel oder selbst eine größere Anzahl von Kabeln aufnehmen, über deren Einrichtung und Anfertigung das Nähere bei Besprechung der unterseeischen Telegraphie vorkommt.

Als 1853 in Berlin eine neue unterirdische Stadtleitung ausgeführt wurde, brachte man die mit Guttapercha überzogenen, nach den verschiedenen Telegraphenlinien führenden Drähte freiliegend in eine eiserne Röhrenleitung von 6 Zoll innerem Durchmesser, die in 3 Fuß Tiefe unter der Erde von der Zentralstation nach dem Brandenburger Thore sich erstreckt, von wo aus die Drähte durch oberirdische Leitung sich weiter verzweigen. Da nach 8 Jahren die Guttaperchadecke sich so verdorben zeigte, daß sie nicht sicher mehr isolirte, auch bei der großen Zahl von 41 Stück es unthunlich war, bei nöthigen Auswechselungen einzelne Drähte herauszuziehen, ohne die übrigen zu beschädigen, hat man gegenwärtig je drei oder auch mehr Drähte zu einem Kabel vereinigt und diese in die eisernen Röhrenleitungen eingelegt. In Entfernungen von je 1200 Fuß sind 14 Zoll unter dem Straßenpflaster Untersuchungskasten von starken hölzernen Bohlen eingeschaltet, bei deren Eröffnung man zu den Kabeln gelangen kann, um bei Stromstörungen jedes 1200 Fuß lange Stück mittelst eines hindurchgeleiteten Stromes und eines Galvanometers auf etwaige Fehler der Isolirung zu prüfen. Hat man das fehlerhafte Stück gefunden, so befestigt man einen langen Bindfaden daran, zieht es nach der entgegengesetzten Richtung heraus, so daß sich jetzt der Bindfaden an seiner Stelle befindet, und zieht sodann mittelst des Bindfadens das neue Stück wieder hinein.

In Paris ist man nach verschiedenen anderen Versuchen zu dem ebenso nahe liegenden wie zweckmäßigen Systeme übergegangen, die in Bleiröhren eingezogenen Kabel in den geräumigen Abzug-

canälen der Stadt, worin sie nahe unter dem oberen Gewölbe an den Wänden befestigt sind, fortzuführen.

Der Erdboden als Leiter. — Die telegraphische Korrespondenz zweier Stationen setzt nothwendig das Vorhandensein zweier Leitungen voraus, um den elektrischen Strom von einem Pole der Batterie nach der entfernten Station hin, und von da nach dem anderen Pole der Batterie wieder zurückzuleiten und so die Entladung derselben zu bewirken. Nach Steinheils schon angeführter Entdeckung nun kann statt der einen Drahtleitung mit größtem Vortheil die feuchte Erde fungiren. Es würde aber, bei dem so außerordentlich geringen Leitungsvermögen der feuchten Erde, nicht genügen, auf jeder Station ein Drahtende der Leitung einfach in die Erde zu stecken, weil die so kleine Berührungsfläche dem Strom einen viel zu großen Widerstand entgegensetzen und ihn somit außerordentlich schwächen würde. Man löthet daher an die Drahtenden große Kupferplatten von etwa $3\frac{1}{2}$ Fuß im Quadrat, also $24\frac{1}{2}$ Quadratfuß Gesammtoberfläche, und senkt sie entweder in kleine Brunnen oder gräbt sie bis unterhalb des bleibenden Wasserstandes in die Erde. Bei Feldtelegraphen für militärische Operationen, wo der häufige Wechsel der Stationen das Eingraben so großer Kupferplatten nicht wohl gestattet, nimmt man gezogene schmiedeiserne Röhren von 1 Zoll äußerem Durchmesser und 12 Fuß Länge, unten mit einem in eine Spitze auslaufenden schneckenförmigen Schraubengewinde versehen und bis auf 4 Fuß Länge, so weit sie nämlich in die Erde geschraubt werden, verkupfert. Die allerdings kaum $1\frac{1}{2}$ Quadratfuß betragende Berührungsfläche hat sich doch als genügend erwiesen.

In wissenschaftlicher Hinsicht sehr interessant ist die Frage, ob die Erde einfach als ein zwischen die Pole der Batterie eingeschalteter Leiter wirke, oder ob ihr nicht vielmehr die Rolle eines gewissermaßen unendlich großen Magazins für Elektrizität zukomme, in welches von beiden Polen der Batterie die Elektrizität abströme. Diese Ansicht steht mit der früheren Leitungstheorie nicht eigentlich im Widerspruch, da sie eine Fortleitung der Elektrizität annehmen muß und auch die Vereinigung oder Ausgleichung der in die Erde eingetretenen Elektrizitäten nicht läugnen kann; aber sie läugnet die Beschränkung dieser Ausgleichung auf die verhältnißmäßig kleine,

zwischen den Erdplatten befindliche Erdschicht. Man hat namentlich an den so großen Drahtleitungen der atlantischen Kabel beobachtet, daß sie, mit einem Pole einer Batterie in Verbindung gebracht, während der andere Pol zur Erde führte, eine gewisse Menge Elektrizität in sich aufnahmen und dadurch ähnlich wie bei einer Elektrisirmaschine geladen werden, wobei diese Elektrizität der Batterie entströmt, zugleich aber auch eine gleich große Menge vom anderen Pol in die Erde geht. Also eine theilweise Entladung ohne alle leitende Verbindung, bloß durch Eintritt der Elektrizitäten in verhältnißmäßig große Magazine. Könnte man das eine isolirte Magazin (die Drahtleitung) außerordentlich vergrößern oder die Leitung bis zum Monde führen, den einen Pol einer Batterie also mit der Erde, den anderen mit dem Monde verbinden, so ist nicht im mindesten an der Entladung der Batterie zu zweifeln, ungeachtet sich Mond und Erde in völliger Isolirung befinden. Nur eine ideale Batterie von immenser Größe könnte im Stande sein, Mond und Erde in bemerklichem Grade zu laden, mithin der völligen Entladung durch diese Weltkörper zu widerstehen. Daß also, wenn beide Pole mit einem und demselben Magazin (der Erde) in Leitung treten, die Entladung noch viel besser von statten gehen werde, ist sehr begreiflich; wie aber auch auf der anderen Seite nicht bezweifelt werden kann, daß die dem Abströmen folgende Ausgleichung der Elektrizitäten vorwiegend auf dem kürzesten Wege, also innerhalb der zwischen den Erdplatten liegenden Erdschicht vor sich gehen müsse. Auch direkte messende Versuche von Wheatstone und von Caselli haben der Magazinstheorie günstige Resultate ergeben.

Die Methoden zur Entdeckung von Fehlstellen in der Leitung werden am besten bei Gelegenheit der unterseeischen Leitungen später zur Sprache kommen.

Telegraphische Apparate.

Sie theilen sich in

A. Nadeltelegraphen.

B. Zeigertelegraphen.

C. Druck- und Kopiertelegraphen.

A. Nadel-Telegraphen.

Diese älteste, zuerst von Steinheil ausgeführte, gegenwärtig wohl nur noch in England gebräuchliche Methode der Telegraphie gründet sich, wie schon im Früheren angeführt, auf die Ablenkung einer Magnetnadel durch einen, parallel ihrer Längenrichtung sie umkreisenden elektrischen Strom, welcher je nach der Richtung seines Laufes die Nadel rechts oder links ausschlagen macht. Zum leichteren Verständniß der Einrichtung mag die Skizze Fig. 4 dienen, in welcher zwei ganz gleiche Apparate dargestellt sind, die man sich an zwei entfernten Stationen A und B zu denken hat, und womit sowohl von A nach B als auch von B nach A telegraphirt werden kann; man hat sich daher den zwischen ihnen ausgespannten Leitungsdraht C so lang zu denken, daß er von der einen Station zu der anderen reicht, daneben ist die eine Leitung mittelst der Erdplatten DD bewirkt. Jeder der beiden Telegraphen hat seine Batterie b. Der Telegraph selbst besteht aus zwei Hauptheilen, dem Multiplikator m, nämlich der Drahtspirale nebst der Magnetnadel, welche die Zeichen gibt, und dem Schlüssel, durch dessen Drehen zur Rechten oder Linken der Telegraphist die Drahtverbindungen, also auch die Richtung des Stromes beliebig umkehrt, um die Nadeln ebenfalls rechts oder links ausschlagen zu machen. Wenn es auch streng genommen genügen würde, beim Telegraphiren in A nur die Nadel in B, und umgekehrt beim Telegraphiren in B nur die Nadel in A zu bewegen, so empfiehlt es sich doch aus mehreren Gründen, die Einrichtung so zu treffen, daß auch die Nadel der sprechenden Station mitschwingt, so daß der Telegraphist die Zeichen, welche er der anderen Station zusendet, auch an seinem eigenen Telegraphen vor Augen hat. Die Spirale des Multiplikators, aus einem 400 bis 500 Fuß langen, dünnen, mit Seide besponnenen Kupferdrahte bestehend, ist auf einen Rahmen von dünnem Messingblech aufgewunden, welcher, wie schon vorhergehend angeführt, eine Erfindung von Gauß und Weber, und von ihnen Dämpfer genannt, den wichtigen Zweck erfüllt, die Nadel, welche sonst nach längeren Schwingungen nur allmählich zum Stillstand kommen würde, in Folge eines entgegenwirkenden elektrischen Stromes rasch zur Ruhe zu bringen. Inmitten des Dämpfers und der Spirale ist die in der Figur nicht sichtbare Magnetnadel auf einer horizon-

talen Achse, welche außerhalb der Spirale die sichtbare Nadel trägt. Beide Nadeln sind parallel, aber so befestigt, daß sie die entgegengesetzten Pole einander zukehren, wodurch einestheils die Wirkung des Erdmagnetismus aufgehoben, anderntheils die ablenkende Wirkung des elektrischen Stromes erhöht wird. Die äußere Nadel bildet zugleich den Zeiger.

Der Schlüssel besteht in einer horizontalen drehbaren Welle d von Holz, an deren vorderem Ende ein, in der Zeichnung nicht sichtbarer Handgriff sich befindet, den der Telegraphist in der Hand hält und nach Erforderniß rechts oder links dreht. An dieser Welle ist ein messingner Arm c, welcher durch einen Draht mit dem positiven Pole der Batterie b in Verbindung steht. Eine in der Zeichnung weggelassene Feder hält die Welle, wenn sie nicht durch den Telegraphisten gedreht wird, in solcher Lage, daß der Arm c sich in vertikal herabhängender Lage befindet, wie es der linke Telegraph zeigt. Zwei messingne Federn e und f sind auf dem unteren Brett so befestigt, daß sie den Arm c nicht berühren, sich aber an einen kurzen messingnen Konduktor o anlegen, welcher letztere durch einen Draht mit dem negativen Pol der Batterie verbunden ist. Die übrigen Drahtleitungen ergeben sich aus der Figur.

Die Wirkung ist nun leicht zu verstehen. In der Zeichnung ist der Fall dargestellt, wo der Telegraphist der Station B arbeitet, und zwar den Nadeln einen Ausschlag nach links ertheilt. Indem er den Schlüssel dreht, drückt der Arm c die Feder e zur Seite, wodurch ihre Berührung mit o aufgehoben, dagegen zwischen c und e Berührung hergestellt ist. Der positive Strom der Batterie nimmt nun den durch Pfeile angedeuteten Weg nach dem Arme c, von da in die Feder e, von hier nach dem Multiplikator von B, wo er die Nadel zum Ausschlagen bringt, dann weiter zur Station A, wo er den Multiplikator durchläuft, die Nadel hier ebenfalls zum Abweichen bringt, dann durch die Feder f, den Konduktor o und die Feder e geht, um durch die Erde zur Station B zurückzugehen und hier durch die Feder f und den Konduktor o zum negativen Pol der Batterie zu gelangen. Es ist leicht ersichtlich, daß, wenn der Schlüssel in B nach der entgegengesetzten Seite gedreht wird und die Feder f abhebt, der Strom die entgegengesetzte Richtung annimmt und folglich die Nadeln rechts ausschlagen macht. Die

Batterie in A bleibt hierbei ganz außer Thätigkeit, weil ja der von dem positiven Pol ausgehende Strom bei e eine Unterbrechung findet. Soll von A nach B telegraphirt werden, so muß sich der Schlüssel in B in Ruhelage befinden. Natürlich können nicht beide Telegraphen gleichzeitig sprechen, weil, wenn beide Schlüssel sich an die entgegengesetzten Federn legen, die Multiplikatoren zwei entgegengesetzte Ströme oder vielmehr gar keinen Strom empfangen. Gerade hierin liegt eine wesentliche Erleichterung beim Telegraphiren, da es nun jedem Telegraphisten zusteht, die Rede des Anderen, wann er will, zu unterbrechen, ihm gleichsam Halt! zuzurufen, was sehr häufig vorkommt. Er dreht zu dem Ende seinen Schlüssel beliebig nach einer Seite, z. B. rechts; dann ist es dem Anderen unmöglich, die Nadeln links ausschlagen zu machen, was er natürlich sogleich bemerkt.

Der hier beschriebene Telegraph mit einer Nadel bietet zwar den Vortheil, daß außer der Erdleitung ein einziger Draht hinreicht; aber die Sprache wird unbehülflich, denn um die 24 Buchstaben, 10 Ziffern und die verschiedenen Interpunktionszeichen zu geben, würde man einer großen Menge von Nadelschlägen bedürfen. Weit kürzer werden die Signale bei dem in England allgemein gebräuchlichen Doppelnadeltelegraphen, dessen Einrichtung mit der so eben beschriebenen ganz übereinstimmt, nur mit dem Unterschiede, daß jeder Telegraph zwei Nadeln und ebenfalls zwei Schlüssel besitzt, auch zwei Drahtleitungen erforderlich sind.

In Fig. 5 sieht man einen Doppelnadeltelegraphen im Aufriß; a und b sind die Schlüssel. Der obere Aufsatz c enthält einen Wecker, welcher, von der weiter unten vorkommenden Einrichtung, den Telegraphisten von der Ankunft einer Depesche avertirt. Dieser Wecker kann mittelst des Handgriffs d in die Leitung der linken Nadel eingeschaltet werden. Sobald der empfangende Telegraphist an seinem Platze ist und durch eine Bewegung des rechten Schlüssels sich zum Empfangen bereit erklärt, zugleich auch durch Drehung des Handgriffes d den Wecker aus der Leitung ausgeschaltet hat, beginnt die Korrespondenz. Der zwischen den Schlüsseln befindliche Knopf e hat den Zweck, die zu beiden Seiten der Nadeln befindlichen Elfenbeinknöpfchen, welche die Nadelausschläge begrenzen, mehr von einander zu entfernen, wenn durch die Einflüsse der atmosphä-

rischen Elektrizität das Spiel der Nadeln unsicher wird. Die untere, mit einem Zeiger versehene Scheibe o endlich ist ein Umschalter, mittelst dessen alle Stationen, welche die Depesche nicht angeht, sich aus der Leitung ganz ausschalten können. (Ein Näheres über Umschalter kommt in einem späteren Abschnitte vor.)

Das auf der Vorderseite des Apparates verzeichnete Alphabet ist in Fig. 5, a dargestellt, wobei zu bemerken, daß die Ziffern durch dieselben, den Buchstaben zugetheilte Signale gegeben werden, nachdem durch ein besonderes Signal, nämlich + H +, angedeutet worden, daß von Buchstaben auf Ziffern übergegangen werde. Dasselbe Signal erfolgt, wenn von Ziffern wieder auf Buchstaben zurückgegangen wird.

A		linke	Nadel,	zweimal links,
B		„	„	dreimal links,
C	oder 1	„	„	erst links, dann rechts,
D	„ 2	„	„	erst rechts, dann links,
E	„ 3	„	„	einmal rechts,
F		„	„	zweimal rechts,
G		„	„	dreimal rechts,
H	oder 4	rechte	„	einmal links,
I		„	„	zweimal links,
K		„	„	dreimal links, [1]
L	oder 5	„	„	erst links, dann rechts,
M	„ 6	„	„	erst rechts, dann links,
N	„ 7	„	„	einmal rechts,
O		„	„	zweimal rechts,
P		„	„	dreimal rechts,
R	oder 8	beide	Nadeln,	unten einmal links,
S		„	„	unten zweimal links,
T		„	„	unten dreimal links,
U	oder 9	„	„	links, rechts,
V	„ 0	„	„	rechts, links,
W		„	„	einmal rechts,
X		„	„	zweimal rechts,
Y		„	„	dreimal rechts,

Q die Nadeln nach oben konvergirend,

[1] In der Zeichnung ist ein K zu viel angegeben.

Z die Nadeln nach unten konvergirend,

+ (am Ende jedes Wortes) linke Nadel einmal links.

Nach jedem Worte gibt der Empfänger durch einmal rechts der linken Nadel das Zeichen „verstanden," oder im entgegengesetzten Fall durch einmal links der linken Nadel das Zeichen „nicht verstanden," worauf dann das letzte Wort noch einmal gegeben werden muß. Außerdem kommen noch andere Signale vor, z. B. beide Nadeln unten viermal links, heißt „Warte;" beide Nadeln unten viermal rechts, heißt „Geh weiter."

Das Telegraphiren geht bei gehöriger Uebung sehr schnell, so daß in der Minute 60 bis 70 Buchstaben, ja selbst noch mehr gegeben werden können; auch bietet der Nadeltelegraph insofern eine Annehmlichkeit dar, als der Empfänger jedes Wort, ja jeden Buchstaben sofort erkennt und eine bedeutende Abkürzung dadurch herbeiführen kann, daß er nicht jedes Wort zu Ende telegraphiren läßt, sondern sobald er es durch den Anfang erkannt hat, sein „Verstanden" gibt, worauf dann sofort zum folgenden Worte geschritten werden kann. Durch die sofort erkennbaren Zeichen gewinnt die Mittheilung der Nadelbewegungen fast den Charakter der Sprache, nur daß das Auge die Stelle des Ohrs vertritt, und in der That können sich zwei viele Meilen weit entfernte Personen fast ebenso gut unterhalten, ja selbst durch Heftigkeit oder Langsamkeit der Bewegungen die verschiedenen Affekte so getreu ausdrücken, als ständen sie einander nahe gegenüber; hat man doch selbst ein Zeichen des Lachens eingeführt. Diesen Vortheilen gegenüber zeigt der Nadeltelegraph, auch abgesehen von den Kosten der doppelten Drahtleitung, den Mangel, daß die Signale nur vorübergehend sind und keine sichtbare Spur hinterlassen, weßhalb auch jedes Wort von dem empfangenden Telegraphisten ausgesprochen und von einem Gehülfen niedergeschrieben werden muß, wobei vorgekommene Irrthümer, z. B. in Zahlen, unentdeckt und unkontrolirbar bleiben. Zudem verursacht das gespannte Beobachten des Spieles der beiden kleinen Nadeln, die mit großer Schnelligkeit bald einzeln, bald beide, bald rechts, bald links hin- und herfliegen, eine für die Dauer fast unerträgliche Ermüdung. Ohne Zweifel würde man in England den Nadeltelegraphen durch vollkommenere Apparate längst ersetzt haben, wenn nicht der Patentschutz einer solchen Anordnung im Wege stände.

Eine Modifikation des einfachen Nadeltelegraphen ist der von Breguet in Paris erfundene Telegraph, an dessen Stelle später ein ebenfalls von Breguet erfundener, noch gegenwärtig in Frankreich viel gebräuchlicher Zeigertelegraph getreten ist, den wir weiter unten besprechen werden. Bei dem älteren Breguet'schen Telegraphen werden zwei nahe neben einander befindliche Nadeln durch ein Uhrwerk um das eine ihrer Enden gedreht und stellen sich sprungweise bald horizontal, bald vertikal, auf- oder abwärts gerichtet, bald schräg auf- oder abwärts, bald rechts, bald links, so daß jede Nadel während des Umlaufs acht verschiedene Stellungen einnimmt. Mittelst eines Elektromagnetes kann der Telegraphist der entfernten sprechenden Station die Uhrwerke in jedem Moment arretiren und somit die beiden Nadeln auf einen Augenblick anhalten, durch deren 64 verschiedene Kombinationen ebenso viele Buchstaben, Zahlen, Interpunktionszeichen und sonstige Signale gegeben werden können. Daß sich Signale dieser Art weit leichter und sicherer erkennen lassen als die des englischen Telegraphen, leuchtet ein, aber auch der Breguet'sche theilt mit ihm den Mangel, nur augenblickliche flüchtige Zeichen, keine bleibende Schrift, zu geben.

Der Wecker.

Alle jene Telegraphen, die nicht beim Arbeiten ein hörbares Geräusch und dadurch den Empfänger aufmerksam machen, bedürfen zum Rufen eines Weckers oder Alarms. Es ist nun zwar nichts leichter, als mittelst eines Elektromagnetes einen Hammer in Bewegung zu setzen, der an eine Glocke schlägt, wenn der elektrische Strom dazu die nöthige Stärke besitzt; aber die durch viele Meilen lange Leitungen und die feinen Drähte der Spiralen außerordentlich geschwächten Ströme reichen nicht aus, dem Hammer der Alarmglocke, und wäre er noch so klein und leicht, einen hinreichenden Impuls zu ertheilen. Man beseitigt diese Schwierigkeit auf ähnliche Weise wie bei den Läutwerken der Eisenbahnen dadurch, daß die Bewegung des Hammers durch ein Gewicht oder eine Feder bewirkt wird, der Elektromagnet dagegen nur eine feine Auslösung zu verrichten hat. Ein häufig gebräuchlicher Wecker, das Klingelwerk, wird nahe am Schluß des Artikels seine Beschreibung finden.

Es ist nun noch zu zeigen, wie bei größeren Telegraphenlinien

die einzelnen Nadeltelegraphen zu verbinden sind, damit, wenn einer arbeitet, alle übrigen dieselben Bewegungen mitmachen. Zur Erläuterung dient die Skizze Fig. 6. Es befinden sich an den vier Stationen A, B, C, D vier Nadeltelegraphen, deren Theile der Skizze Fig. 4 entsprechen. Dieselben würden in der aus der Skizze ersichtlichen Art zu verbinden sein. Gesetzt nun, die Station C spreche und habe durch den Arm c die Feder f abgezogen, so nimmt der positive Strom den durch Pfeile angedeuteten Weg, geht also durch alle vier Multiplikatoren, um alle Nadeln übereinstimmend nach links zu drehen. Es tritt dabei nur die Batterie der sprechenden Station in Thätigkeit, alle übrigen bleiben, weil ungeschlossen, außer Spiel.

B. Zeiger-Telegraphen.

Sie haben den Zweck, das Telegraphiren dadurch zu erleichtern und sogar Jedermann zugänglich zu machen, daß sie mittelst eines sich drehenden Zeigers direkt Buchstaben oder Zahlen, die im Kreise stehen, dadurch anzeigen, daß der Zeiger jedesmal bei dem gemeinten Buchstaben auf einen Augenblick still steht. Die Drehung des Zeigers wird durch einen Elektromagnet und einen damit verbundenen Mechanismus mittelst des von der sprechenden Station aus gesandten elektrischen Stromes bewerkstelligt.

Wir geben zunächst zur Erläuterung des Prinzips den höchst einfachen, allen späteren Zeigertelegraphen zu Grunde liegenden Telegraphen von Wheatstone und Cooke, Fig. 7 (Taf. 131), wobei A der auf der sprechenden Station befindliche Schlüssel, B der auf der empfangenden Station arbeitende Telegraph.

Letzterer enthält zunächst, auf einem Brett liegend, zwei Elektromagnete, deren einer zum Telegraphiren, der andere zum Wecken dient. Vor ihren Polen sind die kleinen Anker c und d in Gestalt flacher Eisenstücke, die sich um Zapfen in der Art drehen, daß die obere, von dem Brette abgewandte Seite sich dem Magnete nähern und von ihm entfernen kann. So lange kein Strom die Leitung durchläuft, die Elektromagnete also unthätig sind, werden die Anker durch kleine Federn vom Magnet abgezogen. Der Anker c trägt eine Gabel e, deren Zinken nach Art des Echappements einer Uhr in die Zähne eines Sperrades i eingreifen, so daß beim Hin- und

Herbewegen der Gabel das Rad jedesmal um einen halben Zahn fortrückt. Enthält das Rad 12 Zähne, so bewirkt jede einzelne Bewegung der Gabel das Fortrücken um $^1/_{24}$. Die Achse des Rades trägt an der in der Figur nicht sichtbaren Vorderseite einen Zeiger, der innerhalb der im Kreise verzeichneten 24 Buchstaben umläuft. Jede Einzelbewegung des Ankers c und seiner Gabel macht daher den Zeiger um einen Buchstaben fortrücken. Die Station A hat nun die Aufgabe, beim Sprechen in schneller Aufeinanderfolge Strom zu geben und wieder zu unterbrechen, dadurch das entsprechende Anziehen und Wiederloslösen des Ankers und somit die Drehung des Zeigers so lange fortzusetzen, bis der Zeiger den betreffenden Buchstaben erreicht hat, dann aber einen Augenblick zu pausiren. Zu dieser Verrichtung dient der Schlüssel. Es ist dieß eine messingne Scheibe, die vermittelst eines Handgriffs o um ihren Mittelpunkt gedreht werden kann und im Kreise die 24 Buchstaben enthält. Der Rand der Scheibe enthält in entsprechenden Ausschnitten 12 Stücke irgend einer nichtleitenden Substanz, z. B. Holz, während eine messingne Feder n sich mit einem mäßigen Druck dagegen legt.

Der Strom der Batterie nimmt seinen Weg vom + Pol der Batterie nach der Klemmschraube 2, durch den Draht 3 und einen in der Zeichnung nicht sichtbaren Metallstreif in die Achse der Scheibe, somit in diese, dann weiter durch die Feder n nach der Klemmschraube 4, dann durch die Leitung L nach der Klemmschraube 5 der Station B, sodann nach Umkreisung des Elektromagneten in die Klemmschraube 7 und von dieser endlich durch die Erdplatten nach dem — Pol der Batterie. Dreht man die Scheibe auf den nächsten Buchstaben, also um $^1/_{24}$, so legt sich die Feder n an Holz der Scheibe, der Strom ist unterbrochen und der Zeiger in B rückt ebenfalls einen Buchstaben weiter. Bei diesem korrespondirenden Fortrücken des Schlüssels in A und des Zeigers in B werden beide auch gleichzeitig anhalten, wenn die Drehung des Schlüssels auf einen Augenblick einhält. Ganz auf ähnliche Weise wird von A aus der Wecker in B zum Tönen gebracht. Es muß zu dem Ende eine besondere Drahtleitung 9 vorhanden sein, welche die Klemmschrauben 1 und 10 verbindet. Man ersieht nun aus der Zeichnung, wie eine breite Metallfeder p mit der Klemmschraube 2 in Verbindung steht, während von der Klemmschraube 1 ein Stift q

sich bis unter die Feder p fort erstreckt. Drückt man die Feder herab, um sie mit q in Berührung zu bringen, so zirkulirt der Strom durch den Elektromagneten des Weckers und setzt die Gabel in abwechselnd hin- und hergehende Bewegung, entsprechend dem Niederdrücken und Loslassen der Feder p.

Da diese älteren Zeigertelegraphen der großen Unvollkommenheit unterlagen, daß bei zufällig zu raschem Drehen des Schlüssels die in dem Elektromagnete entwickelte Kraft nicht Zeit hatte, bis zu der erforderlichen Stärke anzuwachsen, und daß in diesem Falle der Zeiger mit dem Schlüssel nicht gleichen Schritt hielt, wodurch natürlich alle Wörter unverständlich bleiben mußten, hat man sich vielfach bemüht, die Einrichtung dahin abzuändern, daß die Drehung des Schlüssels nicht der Hand des Telegraphisten, sondern einem Uhrwerke überlassen wurde, welches sich ja nicht übereilen kann. Zu dieser Kategorie gehört unter anderen der Drescher'sche Telegraph. Aber auch dieß erfüllte den Zweck nur unvollständig, weil der Linienstrom, der Witterung entsprechend, selbst häufigen Schwankungen unterliegt. War der Gang des Uhrwerkes auf einen kräftigen Strom berechnet, und es trat bei nasser Witterung eine Schwächung des Stromes ein, so kamen dennoch Störungen im übereinstimmenden Gange vor.

Der Breguet'sche Zeigertelegraph, 1859 erfunden, kommt im Wesentlichen mit dem bereits beschriebenen von Wheatstone und Cooke überein, jedoch mit dem Unterschied, daß die durch den Elektromagnet in Bewegung gesetzte Gabel nicht, wie dort, direkt die Fortbewegung des Zeigers, sondern die Auslösung eines Uhrwerkes bewirkt, welches seinerseits nun den Zeiger um einen Buchstaben weiter dreht. Es erwächst hieraus der große Vortheil, daß die gewöhnlichen schwachen Ströme der Linienleitungen, welche bei weitem nicht genügen würden, den Zeiger des Wheatstone'schen Telegraphen schnell und sicher in Bewegung zu setzen, hier, wo es sich nur um Auslösung eines Uhrwerkes handelt, hinreichende Kraft entwickeln, und daß die Drehung des Zeigers dem Uhrwerk anheimfällt, dem man durch Anwendung einer starken Feder leicht die nöthige Kraft verleihen kann.

Froment hat den Breguet'schen Apparat dahin verbessert, daß der Schlüssel oder Manipulator die Gestalt eines Tastenwerkes oder

einer Klaviatur besitzt, und daß die Drehung der, die abwechselnden Anknüpfungen und Unterbrechungen bewirkenden Scheibe nicht, wie bei Wheatstone und Breguet, durch die Hand des Telegraphisten, sondern durch ein Uhrwerk geschieht. Drückt der Telegraphist eine der mit den Buchstaben des Alphabets bezeichneten Tasten nieder, so setzt sich die Scheibe in Bewegung, bis sie an den betreffenden Buchstaben kommt, wo sie so lange anhält, als die Taste niedergedrückt ist. Von dem vorhin erwähnten Uebelstande, daß die konstante Drehungsgeschwindigkeit eines Uhrwerkes der variabelen Stärke des Stromes sich nicht anschließt, ist der übrigens sehr bequeme, von Jedermann ohne alle Uebung zu behandelnde Froment'sche Telegraph nicht freizusprechen.

Viel Aufsehen mußte der von Siemens und Halske erfundene, wenn zwar auch auf der Idee des Wheatstone'schen Telegraphen fußende, doch aber in vielen Theilen der Konstruktion abweichende Telegraphenapparat finden, welcher die Drehung des Schlüssels weder der Hand des Telegraphisten, noch einem Uhrwerk, sondern dem elektrischen Strom selbst anvertraute, so daß die Drehungsgeschwindigkeit mit der Stromstärke in nothwendige gegenseitige Abhängigkeit kam, folglich bei schwachem Strom der Apparat langsamer, bei kräftigem Strom rascher arbeitet. Diese Siemens'schen Apparate sind mehrere Jahre auf den meisten preußischen Telegraphenlinien in Gebrauch gewesen, haben sich auch im übrigen vollkommen bewährt, aber doch ihrer komplizirten und überaus zarten Konstruktion wegen dem ungleich einfacheren, in allen Theilen leicht zugänglichen und bei vorkommenden Störungen von den Telegraphisten selbst wieder in Stand zu setzenden Morse das Feld räumen müssen. Die Beschreibung des vollständigen Apparates den speziell der Telegraphie gewidmeten Werken überlassend, beschränken wir uns auf den wesentlich arbeitenden Theil, gewissermaßen das Herz desselben, welches, von allem übrigen Zubehör abgesehen, auf zwei Stationen A und B befindlich angenommen wird. a, Fig. 8, ist ein kleines Sperrrädchen, b ein um den Punkt c drehbarer Hebel, an dessen vorderem Ende die kleine, in einen Haken auslaufende Feder d befestigt ist. Der Hintertheil des Hebels ist von Eisen und bildet den Anker ee eines in der Figur nicht sichtbaren Elektromagneten, der sich an der entgegengesetzten Seite des Appa-

rates befindet, und an dessen Polen die Eisenstückchen i i angeschraubt sind, welche mithin die Pole des Elektromagneten darstellen. Wird dieser durch den elektrischen Strom magnetisch, so zieht er die beiden Schenkel des Ankers an, der Hebel kommt in Bewegung und greift mit dem Häkchen in den nächsten Zahn des Sperrrades. Wird hierauf der Strom unterbrochen, so kehrt der Hebel, durch die Feder g angezogen, zurück und dreht das Rad um einen Zahn mit sich fort. Auf dem Hebel nun ist eine kleine, nach beiden Seiten in Spitzen auslaufende Hülse o befestigt, unter ihr aber liegt ein kleines, seitlich hin und her bewegliches Schiffchen n mit zwei aufstehenden Backen, gegen welche die Spitzen der Hülse o bei der Hin- und Herbewegung des Hebels stoßen. Zu beiden Seiten des Schiffchens befinden sich die Schraubenspitzen m und p, deren letztere in die Telegraphenleitung eingeschaltet ist, und mit dem einen Pol der Batterie, nämlich in B mit dem + Pol, in A mit dem — Pol verbunden ist. Die Drahtspiralen der Elektromagnete stehen auf der einen Seite mit den Schiffchen, auf der anderen Seite mit den Erdplatten E in Verbindung. Durch diese Anordnung der Theile ist dem kleinen Mechanismus der Zwang auferlegt, nie in Ruhe zu kommen, sondern sich selbst stets in der Ruhe zu stören, indem jeder Uebergang zur Ruhelage den Keim einer neuen Bewegung in sich trägt. Gehen wir von der in der Zeichnung angenommenen Stellung der Theile aus, die Schiffchen also mit der Schraube p in Berührung, so ist die Leitung vollständig geschlossen; es werden mithin die Elektromagnete in Wirksamkeit treten, die Anker anziehen und dadurch die Schiffchen von den Schrauben p entfernen. Diese Entfernung aber unterbricht den Strom, die Elektromagnete verlieren ihre Kraft, lassen die Anker fahren und der Hebel mit dem Schiffchen kehrt nach der Spitze p zurück, und das Spiel, nämlich die hin und her gehende Bewegung des Hebels mit seinem Schiffchen, und in Folge dessen die Drehung des Sperrrädchens, beginnt von neuem. Da hier beide Rädchen ganz ohne menschliches Zuthun und ohne Einwirkung eines Uhrwerkes bloß durch die, die Apparate durchlaufenden Ströme in Bewegung gerathen, das Spiel des Apparates also mit dem Stromlauf in einer nothwendigen, sich gegenseitig bedingenden Konnexion steht, so folgt, daß die Rädchen beider Stationen in genauestem Synchronismus fortrücken, und

daß, wenn eines derselben durch eine äußere Kraft oder durch Stromunterbrechung angehalten wird, auch das andere in demselben Momente stillsteht. Zum Zweck des Telegraphirens ist auf jeder Station ein Tastenwerk vorhanden, mittelst dessen man durch das Niederdrücken einer Taste das Rädchen und den daran befindlichen Zeiger bei jedem beliebigen Buchstaben arretiren kann, wodurch auch der Hebel b, nachdem er die letzte noch zulässige Linksbewegung gemacht hat, gehalten und verhindert ist, den Strom wieder anzuknüpfen. In Folge der Unterbrechung des Stromes steht daher auch das Rädchen und der daran sitzende Zeiger der anderen Station still, bis dann durch das Loslassen der Taste das Rädchen in A in Freiheit gesetzt wird, und der Umlauf beider Rädchen und Zeiger wieder beginnt.

Ein anderer, ebenfalls höchst sinnreicher Apparat, bei welchem die das Fortrücken des Rades bedingenden Auslösungen gleichfalls durch den elektrischen Strom selbst, die Drehung des Rades aber durch ein Uhrwerk mit Gewicht zu Stande kommt, sowie auch ein diesem Apparate zugehöriger, äußerst scharfsinnig ausgedachter Wecker ist der von Kramer erfundene. Aber auch er hat dem Morse'schen Apparate gegenüber sich nicht behaupten können und ist gegenwärtig ganz auf den Eisenbahndienst beschränkt, wo er noch auf mehreren Bahnen, z. B. der Berlin-Potsdam-Magdeburger, im Gebrauche sein soll.

Von großem Interesse, wie auch wissenschaftlich von Bedeutung ist der 1858 von Siemens und Halske erfundene magnetisch-elektrische Tastenapparat, der auch jetzt noch auf einigen Eisenbahnen, nämlich der Berlin-Anhalter, der Berlin-Hamburger, der bayerischen Staatsbahn und noch mehreren anderen in Gebrauch steht. Der empfangende oder eigentliche Zeigerapparat kommt im wesentlichen, obwohl mit verschiedenen Verbesserungen, mit dem Wheatstone'schen überein, indem ein Zahnrad durch das abwechselnde Eingreifen zweier Haken, wie bei dem Siemens'schen Zeigertelegraphen, in Drehung versetzt, für jeden Buchstab um einen Zahn weiter rückt und dadurch einen Zeiger auf einer, die Buchstaben im Kreise enthaltenden Scheibe fortbewegt. Gänzlich abweichend dagegen ist der zum Zeichengeben dienende Manipulator. Derselbe besteht in einer neuen, von der früheren ganz verschiedenen

Rotationsmaschine, welche Induktionsströme von stets wechselnder Richtung entsendet. Auch hier ist, wie bei der Ettingshausenschen Rotationsmaschine, eine Drahtspirale auf einen eisernen Anker gewunden, der sich in der unmittelbaren Nähe der Pole von Stahlmagneten dreht, dadurch selbst magnetisch wird und in der Spirale einen Induktionsstrom hervorruft, dessen Richtung bei dem steten Wechsel der magnetischen Pole gleichfalls und ebenso oft wechselt. Fig. 9 zeigt einen vertikalen, Fig. 10 dagegen einen horizontalen Durchschnitt. Der Anker a ist ein Zylinder von weichem Eisen, in welchen, einander gegenüber, der ganzen Länge nach zwei tiefe Hohlkehlen, in der Figur schwarz gemacht, eingearbeitet sind. An beiden Seiten liegen die ungleichnamigen Polenden einer Anzahl (24) Stahlmagnete b, an jeder Seite also 12, die in der Nähe ihrer Enden mit Aushöhlungen dd versehen, sich, obwohl ohne Berührung, den zylindrischen Seiten des Ankers sehr nähern. Dieser wird also zu einem sogenannten Transversalmagnet, der die Pole an den Seiten hat. Wenn nun eine Spirale eines sehr feinen, außerordentlich langen, seidebesponnenen Drahtes in die Hohlkehle des Ankers, wie Fig. 9 bei e zeigt, parallel seiner Achse und in der Art eingewunden wird, daß ihre Windungen den Raum der Hohlkehle ausfüllen und die ursprüngliche Zylinderform wiederherstellen, so sind, vorausgesetzt, daß sich die Drahtenden in leitender Verbindung befinden, offenbar die Bedingungen zur Entstehung eines Induktionsstromes erfüllt, und man erhält so einen ungemein kräftigen, stets wechselnden Strom. Um die nach der entfernten Station gehende Leitung zwischen die Enden der Drahtspirale einzuschalten, hat man auf dem unteren Zapfen des Ankers auf einer isolirenden Hülse von Hartgummi oder Elfenbein eine metallene Rolle g befestigt und diese mit dem einen Ende der Spirale verbunden, während eine gleichfalls isolirte Feder c sich an die Rolle andrückt und vermittelst der ebenfalls isolirten Klemmschraube h die Verbindung mit der Linienleitung vermittelt. Das andere Ende der Spirale braucht nicht isolirt zu werden, sondern wird mit einem der Zapfen, somit auch mit dem metallenen Gerüst des Apparates und der Klemmschraube i und durch diese wieder mit der Erdplatte der Station verbunden. Da es nun für den Rezeptor oder empfangenden Apparat für jeden der einander folgenden Buchstaben

einer Umkehrung des Stromes, also einer halben Umdrehung des Ankers des Manipulators bedarf, so folgt, daß, um 24 Buchstaben zu signalisiren, der Anker sich 12mal drehen, daß folglich die Anzahl der Zähne des großen Rades k zu jener des Triebes l sich verhalten muß, wie 12 : 1. Die Kurbel m dreht sich über einem gezahnten Kreise n, dessen Zähne die Reihenfolge der Buchstaben repräsentiren. Wird nun die Kurbel gedreht, so springt eine an ihrer Unterseite befestigte Feder in die Zähne des Buchstabenkreises ein und erleichtert es so dem Telegraphisten, bei jedem beliebigen Buchstaben die Kurbel auf einen Augenblick anzuhalten und dadurch gleichzeitig auch den Zeiger auf der anderen Station zu arretiren.

Den Rezeptor, d. h. den die Buchstaben direkt gebenden Apparat, zeigt die Skizze Fig. 10, a. Zwei Stahlmagnete sind auf einem Brett in der aus der Zeichnung ersichtlichen Lage befestigt, so daß sie ihre ungleichnamigen Pole einander zukehren, sich aber nicht berühren, sondern in geringer Entfernung von einander bleiben. Der horizontal liegende, um seine Achse drehbare Elektromagnet enthält an jedem Ende einen eisernen Anker a, welcher, vertikal herabgekehrt, sich zwischen den beiden Polen der Stahlmagnete befindet. Sowie nun von der gebenden Station aus mittelst des in Fig. 9 dargestellten Induktionsapparates wechselnde Ströme gegeben werden, erleidet auch der Elektromagnet einen entsprechenden Polwechsel, in Folge dessen die Anker a a, welche die Pole des Elektromagnetes repräsentiren, abwechselnd vom Nord- und vom Südpol der Stahlmagnete angezogen werden, und somit in rechts und links oszillirende Bewegung gerathen, an welcher der ganze Elektromagnet, sowie auch die an ihm befestigte Gabel b theilnimmt. Diese letztere wieder wirkt mittelst der Sperrhäkchen c c auf das Sperrrad ein und dreht es für jede einzelne Bewegung um einen ganzen Zahn weiter.

Man beachte wohl diesen Unterschied von dem älteren Wheatstone-Cook'schen Mechanismus, den wir durch die Skizze Fig. 10 b erläutern, während Fig. 10, c den Siemens-Halske'schen Mechanismus zeigt. Beim ersteren erfolgt die Drehung des Rades durch eine gleitende Einwirkung der Häkchen, das Rad dreht sich rechts, und für jede einzelne Bewegung der Gabel um einen halben Zahn, während der Siemens'sche Mechanismus die Zähne des Rades ergreift

und fortzieht. Es dreht sich links, und für jede Einzelbewegung der Gabel um einen ganzen Zahn. Daß dieser letztere Mechanismus weit präziser und sicherer arbeitet, ist leicht begreiflich; es kommt aber noch hinzu, daß auch in Folge des beständigen Stromwechsels der Elektromagnet ebenso schnell seine Pole umkehrt, und daß selbst bei raschem Telegraphiren Schlüssel und Rezeptor sich gleichmäßig fortbewegen und nicht leicht aus einander kommen, während beim Wheatstone'schen Telegraphen keine Umkehrung des Stromes, sondern nur abwechselnd Strom und Stromunterbrechung zur Anwendung kommt, was zur Folge hat, daß bei jedesmaliger Stromunterbrechung der Elektromagnet nicht momentan in den unmagnetischen Zustand zurückkehrt und daher auch den Anker nicht augenblicklich losläßt, worin doch bei raschem Telegraphiren eine Veranlassung zu Störungen im Zusammengange von Schlüssel und Rezeptor liegt.

Fig. 10, d zeigt den Siemens-Halske'schen magnetelektrischen Tastenapparat in perspektivischer Ansicht, unten den Schlüssel und oben den Rezeptor.

Ist auch der hier beschriebene Apparat auf den größeren Telegraphenlinien theils des ziemlich langsamen Arbeitens, theils der Schwierigkeit wegen, auf sehr langen Leitungen den Strom genügend zu isoliren, nicht mehr im Gebrauch, so findet er doch, wie schon erwähnt, auf mehreren Eisenbahnlinien, dann aber auch zu Feuersignalen und in ähnlichen Fällen, die ein jedermann verständliches Buchstabiren erheischen, noch vielfache Benutzung.

C. Druck-Telegraphen,

so genannt, weil sie auf Papier eine bleibende Schrift erzeugen, mag diese nun in wirklichen Buchstaben oder anderen konventionellen Zeichen bestehen. Sie haben theils durch den Vortheil einer bleibenden Schrift, theils durch die Schnelligkeit des Arbeitens, in Deutschland wenigstens, sowohl die Nadel- wie Zeigertelegraphen auf allen größeren Linien verdrängt.

Man unterscheidet die Drucktelegraphen in a) gewöhnliche, b) Typendrucktelegraphen, c) Kopiertelegraphen.

a) Gewöhnliche Drucktelegraphen. Der älteste, seiner Einfachheit und Bequemlichkeit wegen weit verbreitete und nament-

lich auf den meisten Staatstelegraphenlinien des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins, sowie auch in Nordamerika gebräuchliche ist der des Amerikaners Morse.

Als Morse, ein Maler, der in New-York als Professor of the literature of the arts of design angestellt war und zu seiner Ausbildung bereits mehrmal Europa besucht hatte, im Jahr 1832 von Havre nach New-York zurückkehrte, befand sich mit ihm an Bord des Schiffes der Dr. Jackson aus Boston, der in Paris, durch Pouillets Vorträge über Physik angeregt, sich besonders für Elektromagnetismus interessirte, und einen Elektromagneten, so wie eine galvanische Batterie mit sich führte, womit er zur Unterhaltung der Schiffsgesellschaft verschiedene Experimente zeigte, und dabei auf die Möglichkeit hindeutete, die Elektrizität zum Telegraphiren zu benutzen. In wie weit die von Jackson angeregte Idee sich im Allgemeinen gehalten oder schon auf eine spezielle Konstruktion erstreckt habe, ist zweifelhaft; aber Morse, wenn auch der Elektrizitätslehre völlig unkundig, jedoch nach der Rückkehr in New-York die Idee mit Ausdauer verfolgend, wußte den ebenfalls im Universitätsgebäude wohnenden Professor Gale, seinen nachmaligen Kompagnon, der ihn mit nützlichen Anweisungen und dem nöthigen Material zur Anfertigung eines Elektromagneten versorgte, ins Interesse zu ziehen, und so gelang es im Jahr 1837, bei Gelegenheit der von Gonon und Servell proponirten optischen Signale, dem Morse'schen Telegraphen, bei dessen Ausführung auch die Brüder Vail sich besonderes Verdienst erworben hatten, Eingang zu verschaffen. Mag immer die Idee von Jackson inspirirt und die Ausführung nur unter fremder Mithülfe ermöglicht sein, so scheint doch jedenfalls das Verdienst, die Idee aufgefaßt, mit Beharrlichkeit verfolgt und ins Leben gerufen zu haben, nur Morse zu gebühren, dessen Namen daher auch mit Recht seine Apparate tragen.

Die kleine Skizze Fig. 11 dient zur Veranschaulichung der einfachen Idee. Ein auf einem Brett aufrecht stehender Elektromagnet kann durch den Strom der Leitung magnetisch, und durch Unterbrechung desselben unmagnetisch gemacht werden. Im ersteren Falle zieht er einen an einem Hebel sitzenden eisernen Anker an, wodurch ein am anderen Ende des Hebels befindlicher, schräg aufwärts gerichteter Stift auf einem Papierstreif Eindrücke hervor-

bringt. Wird dieser Papierstreif durch ein Uhrwerk mittelst zweier Walzen langsam fortgezogen, so werden sich je nach kürzer oder länger dauerndem Andruck des Stiftes entweder punkt- oder strichförmige Eindrücke auf dem Papier bilden.

In Fig. 12 (Taf. 132) ist der Morse'sche Telegraph in perspektivischer Ansicht dargestellt. Auf einem Brett a ist die messingne Platte bb befestigt, welche das feste Gerüst r des Apparates trägt; cc zwei Elektromagnete auf einer gemeinschaftlichen Eisenplatte d befestigt und von einer zusammenhängenden Drahtspirale umwunden, bilden somit einen einzigen, die ungleichnamigen Pole nach oben kehrenden Hufeisenmagnet. ee der Anker in Gestalt eines horizontalen eisernen Zylinders; f der Hebel, durch dessen Ende bei g der mit einem Schraubengewinde versehene und dadurch stellbare Schreibstift hindurch geht; h eine Säule mit einer Stellschraube, die dem hinteren Ende des Hebels zur Unterstützung dient, um zu verhindern theils daß der Schreibstift zu tief in das Papier einsteche, theils daß der Anker mit dem Magnet in Berührung komme, weil er sonst bei Unterbrechung des elektrischen Stromes nicht momentan losgelassen würde. Um bei jedesmaliger Unterbrechung des Stromes den Schreibstift sofort zurückzuziehen, dient die kleine Spiralfeder i. Diese rückgängige Bewegung wird durch die kleine Stellschraube k begrenzt und beträgt nicht viel mehr als die Breite eines Menschenhaares, denn der Stift soll beim Schreiben keineswegs das Papier durchstechen, vielmehr nur einen sichtbaren Eindruck darauf hervorbringen, und braucht beim Rückgange nur gerade außer Berührung mit dem Papier zu treten. Sämmtliche Stellschrauben müssen mit Kontermuttern versehen sein, um ganz fest gestellt werden zu können. Die zum Fortziehen des Papierstreifs l dienenden, durch Federn gegen einander gedrückten Walzen m und n werden durch ein in dem Gerüst befindliches Uhrwerk in Bewegung gesetzt, das der Telegraphist nur dann laufen läßt, wenn er eine Depesche zu empfangen hat, sonst aber mittelst der kleinen Handhabe o arretirt. Die Oberfläche der kleinen Walzen muß, um das Papier besser zu packen und fortzuziehen, rauh gemacht sein; auch gibt man der oberen Walze an jener Stelle, wo der Stift arbeitet, eine Furche, damit das Papier hier hohl liege und dem Eindrucke des Stiftes leichter nachgebe. Die Papierwalze p ist von

Blech und besteht aus zwei parallelen, etwa 1 Zoll (die Breite des Papierstreifs) von einander entfernten Scheiben.

Zum Geben der Zeichen dient der Schlüssel oder Taster, dessen Funktion darin besteht, nach dem Willen des Telegraphirenden den Strom anzuknüpfen oder zu unterbrechen. Ein messingner Hebel a, Fig. 13, ist um den Punkt b drehbar und läuft bei c in ein kleines Platinklötzchen, den Kontaktstift, aus, während der andere Arm bei d eine ebenfalls mit Platin belegte Schraube enthält. Zwei Federn e zu beiden Seiten des Schlüssels drücken ihn an der linken Seite herab, so daß im Zustande der Ruhe die Schraube d mit dem darunter befindlichen isolirten Ambos n in Berührung ist. Ein ebenfalls isolirter Ambos o befindet sich unter dem Kontaktstift, so jedoch, daß in der Ruhelage hier keine Berührung stattfindet. Drückt aber der Telegraphist den Knopf h herab, so kommen c und o in Berührung, während zugleich n und d außer Berührung treten. Drei Drähte, l, m und p, gehen von dem Schlüssel aus, von denen l mit dem Drehpunkte, also auch dem Hebel a in Berührung ist, und auf der anderen Seite zur Erdplatte führt; m den Elektromagnet mit dem Ambos n; p den einen Pol der Batterie mit dem Ambos o verbindet; r endlich bringt den anderen Pol der Batterie mit der Linienleitung, nicht aber mit dem eigenen Elektromagnet von A in Verbindung. B und C seien die Elektromagnete zweier entfernter Stationen, welche nebst vielleicht noch vielen anderen denselben Strom empfangen und Schrift geben sollen. Von der letzten C geht der Draht in die Erde. Man sieht nun leicht, daß bei der in der Figur dargestellten Ruhelage des Schlüssels die Batterie nicht wirken kann, weil ja zwischen o und c eine Unterbrechung ist. Sobald aber der Telegraphirende den Knopf h herabdrückt und dadurch c mit o in Berührung bringt, geht der Strom weiter durch den Schlüssel a, durch b und den Draht l nach der Erdleitung, umkreiset die Elektromagnete der übrigen Stationen, geht von B, ohne den eigenen Telegraphen zu affiziren, durch r zu dem anderen Pol der Batterie zurück.

Gesetzt aber, es werde von C aus telegraphirt, so muß der Strom ungehindert durch den Schlüssel in A gehen, ohne daß die Batterie von A zur Wirkung kommt. Hierzu nun dient die Berührung zwischen der Schraube d und dem Ambos n. Der von

dem Erddraht l kommende Strom geht in den Schlüssel a, dann durch d und u und den Draht m in den Elektromagneten von A, und von da weiter durch die übrigen Stationen. Diese wichtige Einrichtung des Rückkontaktes (d und u) dient also dazu, dem Linienstrom einen Weg durch den Schlüssel zu reserviren, wenn dieser selbst nicht, sondern eine andere Station spricht; auch bedingt sie den großen Vortheil des Arbeitsstromes, d. h. daß die Batterien zur Zeit, wo nicht telegraphirt wird, geöffnet bleiben, also weit weniger der Abnutzung unterliegen, während man bei dem entgegengesetzten System des Ruhestromes, wo die Schlüssel des Rückkontaktes nicht bedürfen, fortdauernd Strom in der Leitung unterhält und ihn nur beim Oeffnen der Schlüssel augenblicklich unterbricht. Wenngleich der Ruhestrom den Vortheil darbietet, daß er nur zwei Batterien an den Endstationen, ja eigentlich nur eine einzige Batterie für die ganze Linie beansprucht, so werden doch diese Batterien, da der Strom bis auf die kurzen Unterbrechungen beim Telegraphiren beständig im Gange bleibt, stark angegriffen, während beim Arbeitsstrom die Batterien nur auf kurze Augenblicke in Anspruch genommen werden und daher ungleich länger aushalten. Es wird sich ferner sogleich zeigen, daß der Ruhestrom nicht gut anders als mit Hülfe von Relais zur Anwendung kommen kann, während der Arbeitsstrom auch ohne Relais arbeitet.

Das Relais. Die Erfindung dieses ebenso sinnreichen wie wichtigen Apparates gehört zu den Hauptverdiensten Wheatstone's um die elektrische Telegraphie. Der Zweck desselben geht dahin, dem durch eine sehr lange Leitung gehenden und dadurch sehr geschwächten Strom, dessen Stärke bei weitem nicht hinreichen würde gehörig sichtbare Eindrücke in das Papier hervorzubringen, einen kräftigen Strom zu substituiren, der durch eine besondere, in der unmittelbaren Nähe des Schreibapparates aufgestellte Lokalbatterie erregt wird. Das Relais, nach der bei den Posten üblichen Vorspanneinrichtung benannt, ist ein kleiner, sehr subtil gearbeiteter Hülfsapparat, welcher ganz in der Nähe des Morse, bei welchem er vorzugsweise Anwendung findet, obgleich er ursprünglich für andere Telegraphen bestimmt war, aufgestellt wird.

a in Fig. 14 ist der äußerst empfindliche, mit 7000 bis 8000

Windungen eines sehr feinen, etwa $^1/_{12}$ Linie starken Kupferdrahtes umwundene Elektromagnet, welcher mit dem von der Station A herkommenden Leitungsdraht b, sowie durch den Draht c mit der Erdplatte kommunizirt, welche die Rückleitung des Stromes übernimmt. Ein kleines, leichtes eisernes Ankerchen d ist an einem metallenen Hebel e, der sich um eine horizontale Achse dreht, befestigt und wird durch die am Ständer r befestigte Spiralfeder g vom Elektromagneten abgezogen. Das vordere Ende des Hebels hat seinen Platz zwischen zwei Schraubenspitzen, einer oberen h von (isolirendem) Elfenbein und eines unteren metallenen i, und zwar sind diese Spitzen so gestellt, daß der Hebel in der Ruhelage (d. h. ohne Strom) die obere, bei eintretendem Strom aber, durch den Elektromagneten angezogen, die untere Spitze berührt. Diese Berührung nun ist es, welche die Schließung der Lokalbatterie bewirkt und durch sie den Schreibapparat in Thätigkeit setzt. Um dieß zu ermöglichen, muß man den Ständer l, mithin auch die Spitze i vollkommen isoliren, was sehr leicht durch eine Platte Hartgummi m geschieht, auf welcher der Ständer l befestigt ist. Von einer Klemmschraube n geht ein Draht zu der isolirten Säule l, von einer anderen Klemmschraube o aber ein mit Seide besponnener, isolirter Draht nach dem Ständer l. Wird nun die Lokalbatterie p und der Elektromagnet q des Schreibapparates, wie aus der Zeichnung ersichtlich, mit dem Relais verbunden, so ist das Spiel der Vorrichtung leicht zu verstehen. In der Ruhelage, wo kein Strom in der Leitung, folglich der Elektromagnet des Relais unmagnetisch, somit das Ankerchen durch die Spiralfeder abgezogen und mit der isolirenden Elfenbeinspitze h in Berührung ist, mithin zwischen dem Hebel e und der unteren Spitze keine Berührung stattfindet, bleibt die Lokalbatterie geöffnet und außer Thätigkeit. Sowie dagegen die Leitung Strom erhält, wird der Anker angezogen, der Hebel berührt die Spitze i und schließt die Lokalbatterie; so daß nunmehr dem Laufe des Stromes vom positiven Pol der Lokalbatterie durch o in l, dann durch i, e, f und n zu dem Elektromagneten q des Schreibapparates, und von da endlich zum negativen Pol der Batterie nichts mehr im Wege steht. Alle beweglichen Theile des Relais sind mit Stellschrauben versehen, so daß sich die Entfernung der beiden Spitzen, die des Ankers vom Magnet, besonders aber die

Spannung der Feder g, der jedesmaligen Stromstärke entsprechend, die der Telegraphist am Galvanometer erkennt, mit Leichtigkeit reguliren läßt.

Eines Weckers bedarf es beim Morse'schen Telegraphen nicht, weil das sein Spiel begleitende klappernde Geräusch vollkommen hinreicht die Aufmerksamkeit des Telegraphisten wach zu rufen.

Kehren wir nunmehr wieder zu den Schlüsseln zurück, so bleibt noch der einfache Schlüssel zur Telegraphie mit Ruhestrom zu betrachten. Er unterscheidet sich von dem vorhin beschriebenen dadurch, daß der Kontaktstift c und der Ambos o ganz in Wegfall kommen, wie sich aus Fig. 15 ergibt. In der Ruhelage geht hier der Strom, der fortwährend die Leitung durchläuft, in Folge der Berührung zwischen dem Kontaktstift d und dem Ambos n ungehindert durch den Schlüssel hindurch, während ein Druck auf den Handgriff den Strom unterbricht. Da nun hier (bei Ruhestrom) durch Unterbrechung des Stromes gearbeitet wird, bedürfen die Relais einer kleinen Abänderung, so daß nicht bei Anziehung, sondern bei Loslösung des Ankers die Lokalbatterie geschlossen und in Thätigkeit gesetzt wird. Die Skizzen Fig. 16 zeigen die bloß in der entgegengesetzten Anordnung der Spitzen liegende Abänderung. Man ersieht, daß, während bei der ersten I, dem Arbeitsstrom zukommenden Anordnung, der Hebel beim Herabgehen die Lokalbatterie schließt, er dieß bei der zweiten Anordnung II umgekehrt beim Aufwärtsgehen, nämlich bei der Unterbrechung des Linienstroms, verrichtet.

Die durch den Morse'schen Telegraphen zu gebenden Zeichen bestehen, wie schon erwähnt, in Punkten und Strichen, durch deren Kombination die Buchstaben, Ziffern und Interpunktionszeichen dargestellt werden. Bei dem gegenwärtig auf allen Stationen des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins als allgemein gültig angenommenen Alphabet ist das System beobachtet, die Buchstaben mit höchstens 4 Elementarzeichen, die Ziffern mit 5 und die Interpunktionen mit 6 Zeichen zu machen; auch hat man sehr zweckmäßig den am häufigsten vorkommenden Buchstaben, z. B. e, i, n, a, die kürzesten Zeichen zugetheilt. Nach jedem Buchstaben wird ein kleiner, nach jedem Worte ein größerer Zwischenraum gelassen.

a	. —	s	. . .	.	. . . . . .
ae	. — . —	t	—	;	— . — . — .
b	— . . .	u	. . —	,	. — . — . —
c	— . — .	ue	. . — —	:	— — — . . .
d	— . .	v	. . . —	?	. . — — . .
e	.	w	. — —	!	— — . . — —
f	. . — .	x	— . . —	- (Bindestrich)	— . . . . —
g	— — .	y	— . — —	' (Apostroph)	. — — — — .
h	. . . .	z	— — . .	/ (Bruchstrich)	— — — — — —
i	. .	ch	— — — —	Ganze Phrasen:	
j	. — — —	1	. — — — —	Staatsdepesche	. . .
k	— . —	2	. . — — —	Bahnbetriebsdepesche	— . . .
l	. — . .	3	. . . — —	Telegraphenamtsdepesche	. —
m	— —	4	. . . . —	Privatdepesche	. — — .
n	— .	5	. . . . .	Anruf	— . — . — . —
o	— — —	6	—	Verstanden	. . . — .
oe	— — — .	7	— — . . .	Korrektion	. . . .
p	. — — .	8	— — — . .	Schluß	. — . — . — .
q	— — . —	9	— — — — .	Warten	. — . . .
r	. — .	0	— — — — —	dringend	— . .
				Sehr dringend	— . . — . .

Ein geübter Telegraphist macht in der Minute 80 bis höchstens 100 Buchstaben, aber bei so großer Schnelligkeit wird die Schrift leicht undeutlich, wie überhaupt das Lesen der Depeschen weit schwieriger ist als das Geben derselben. Rechnet man durchschnittlich die Zahl der Buchstaben in einem Worte zu 6, so vermag der Morse in der Minute etwa 13 bis 16 Wörter zu geben, so daß eine Depesche, durchschnittlich zu 30 Wörtern angenommen, 2 Minuten beansprucht. Kann auch diese Leistung im Ganzen wohl befriedigen, so stellt sich doch auf Hauptlinien zur Bewältigung der andrängenden Depeschen das Bedürfniß noch schnellerer Abgabe ein, und wir werden im Folgenden sehen, bis zu welchem Grade der Schnelligkeit man bereits gelangt ist.

Zur Erleichterung des Schreibens, selbst für Personen, denen das telegraphische Alphabet unbekannt ist, hat Morse eine Schreibtafel konstruirt, aus einem kleinen Brett bestehend, in welches die den Buchstaben entsprechenden Zeichen, aus kurzen oder längeren

Messingstücken bestehend, die den Punkten und Strichen entsprechen, eingelegt und mit der Linienleitung in Verbindung gesetzt sind. Streicht man mit einem ebenfalls in die Leitung eingeschalteten isolirten Stift über die Messingstückchen, so ist der Erfolg derselbe, wie bei Anwendung des Schlüssels. Da aber ein jeder Telegraphist verschmäht, sich eines derartigen Hülfsmittels zu bedienen, so findet es nirgends Anwendung und bedarf keiner näheren Beschreibung. Erfahrungsmäßig erlangen die Telegraphisten in kurzer Zeit hinreichende Uebung im telegraphischen Alphabet, ja sie kommen nach längerer Zeit dahin, schon durch das Gehör nach dem Klappern des Schreibapparates die Depesche zu verstehen, ein Umstand, der schon zur Belauschung geheimer Depeschen von einem Nebenzimmer aus, wo man das Klappern hören konnte, benutzt worden sein soll.

Es hat dieß sogar in Amerika zur Anwendung des Klopfers geführt, eines Morse'schen Telegraphen ohne Schreibstift und Papierstreif, bei welchem also die Buchstaben durch das Gehör erkannt werden; jedenfalls der leichten Irrthümer wegen ein durchaus verwerfliches Verfahren.

Der Farbschreiber. Schon bald nach der allgemeinen Verbreitung des Morse'schen Apparates mußte die sehr nahe liegende Idee auftauchen, die Schrift mit einer Bleifeder oder mit flüssiger Farbe auszuführen, um die zur Hervorbringung sichtbarer Eindrücke in das Papier erforderliche Kraft, somit auch das Relais und die Lokalbatterie zu ersparen. Nach vielen mißlungenen Versuchen wurde zuerst von John und Digney die Aufgabe befriedigend gelöst, ihr Apparat aber dann von Siemens und Halske bedeutend verbessert, und in der That scheint es diesem Farb- oder Blauschreiber (wegen der gewöhnlich blauen Farbe der Schrift so genannt) vorbehalten zu sein, den Morse'schen Stiftschreiber zu verdrängen, was ihm schon gegenwärtig auf sehr vielen deutschen Telegraphenlinien gelungen ist.

Während der Mechanismus im übrigen mit dem des Morse übereinstimmt und daher hier übergangen werden kann, dient zum Schreiben eine kleine vertikale, in (gewöhnlich blaue) Farbe getunkte Scheibe, die, wie beim Morse der Schreibstift, durch den Hebel gehoben, mit dem Papierstreif nur in leise Berührung zu kommen braucht, um die Farbe auf das Papier zu übertragen. Um aber

mit dem Rande der Scheibe auf dem Papier kurze Punkte zu erhalten, läßt man das Papier um eine Walze von sehr kleinem Durchmesser oder vielmehr ein Stäbchen gehen, so daß es jedesmal nur in einem Punkt mit der Farbscheibe in Berührung tritt. Die letztere ist dabei, durch ein Uhrwerk getrieben, in einer langsam drehenden Bewegung, und nimmt aus dem Farbtrog die nöthige Farbe auf. In der Skizze Fig. 17 ist a die Farbscheibe an dem Hebel b, c der Farbtrog, d der Papierstreif, e die Walzen, welche das Papier fortziehen. Das Alphabet bleibt ganz dasselbe wie beim Morse.

Eine von Siemens und Halske erfundene weitere Verbesserung desselben Apparates ist der polarisirte Farbschreiber. Wir werden auf denselben, so wie auf eine entsprechende Verbesserung des Relais, nämlich das polarisirte Relais, nicht weiter eingehen, um uns nicht zu sehr in Spezialitäten zu vertiefen.

Telegraphische Kommunikation mehrerer Stationen mittelst des Morse oder des Blauschreibers. Wir werden hierbei der Einfachheit wegen die, beim Blauschreiber ohnehin wegfallenden, Relais und Lokalbatterien ignoriren, und annehmen, daß die Schreibapparate direkt durch den Linienstrom arbeiten.

Kommunikation zweier Endstationen nebst Zwischenstationen mittelst Arbeitsstrom. Hier sind, wie schon erwähnt, Schlüssel mit Rückkontakt anzuwenden, auch bedarf jede Station ihrer eigenen Batterie. In Fig. 18 sind 4 Stationen ACDB angenommen, A und B, also die Endstationen, mit Erdplatten versehen, während die Zwischenstationen der Erdplatten nicht nothwendig bedürfen, obwohl man aus Gründen, die hier noch unberührt bleiben mögen, ihnen ebenfalls Erdplatten zu geben pflegt. aa die Schlüssel, bb die Batterien, ee die Elektromagnete der Schreibapparate oder, wenn solche benutzt werden, ihrer Relais. Es ist hier der Zustand dargestellt, wo nicht gearbeitet wird. Sämmtliche Batterien sind geöffnet, also unthätig, weil die von den + Polen ausgehenden Leitungen in den isolirten Ambosen cc zu Ende gehen. Es ist demnach kein Strom vorhanden, obwohl eine ununterbrochen leitende Verbindung mit Umgehung der Batterie mittelst der Rückkontakte, dann der Schlüsselarme und endlich der Erdleitung besteht.

Wird nun auf irgend einer Station, z. B. in D, gesprochen,

so tritt der durch Fig. 19 erläuterte Stromlauf ein. Durch Andrücken des Schlüssels wird die Batterie in D geschlossen, der positive Strom nimmt seinen Weg, wie durch Pfeile angedeutet, durch z, den Telegraphen in B, durch dessen Rückkontakt in die Erde, von da in Station A durch den Rückkontakt in den Telegraphen, durch x nach dem Telegraphen in C, wieder durch den Rückkontakt nach y, endlich durch w nach dem — Pol der Batterie zurück. Der eigene Telegraph der sprechenden Station D bleibt dabei außer Thätigkeit, weil die Spirale seines Elektromagneten in dem isolirten Ambos o zu Ende geht. Man ersieht zugleich, daß die Batterien der übrigen Stationen wegen der Unterbrechung bei c unthätig bleiben.

Kommunikation mittelst Ruhestrom. Hierzu Fig. 20 (Taf. 133), welche zeigt, wie auch die Zwischenstationen ohne Batterie sprechen können. Da man bei Ruhestrom stets mit Relais zu arbeiten pflegt, so stellen aa in der Figur die Relais der Stationen ABCD dar; bb die Schlüssel (ohne Rückkontakt), cc die Batterien der Endstationen, so angeordnet, daß ihre ungleichnamigen Pole durch die Erdleitung kommunizìren, daß also beide Batterien eine einzige repräsentiren. Der Strom geht, wenn nicht gearbeitet wird, durch alle Schlüssel, Relais und beide Batterien ununterbrochen fort. Wird aber ein Schlüssel, z. B. in C angedrückt, wie es die Figur darstellt, so ist der ganze Strom momentan unterbrochen, wodurch dann, wie oben bei den Relais für Ruhestrom gezeigt, die Schreibapparate in Thätigkeit kommen.

Wir werden später bei Betrachtung der Umschalter sehen, wie es der Telegraphist in seiner Hand hat den Lauf des Stromes dem jedesmaligen Zweck entsprechend abzuändern.

Der Typenapparat von Siemens und Halske. Dieser ungemein sinnreiche Apparat hat den Zweck, die Schnelligkeit des Telegraphirens mittelst des Morse außerordentlich zu erhöhen, so daß man in derselben Zeit eine sieben- bis achtfache Menge von Wörtern geben kann. Um zunächst die Idee in der einfachsten Gestalt aufzufassen, erinnere man sich der vorhin erwähnten Morseschen Schreibtafel und bedenke, daß, so gut wie dort beim Telegraphiren der Stift über die einzelnen Buchstaben hinweggeführt werden mußte, man ebenso gut auf derselben Schreibtafel mehrere Buchstaben, selbst Wörter, hinter einander anbringen, und diese

ebenso durch bloßes Ueberstreichen des Stiftes abtelegraphiren könnte. An Stelle der Schreibtafel tritt nun eine rinnenförmig gestaltete Schiene, in deren Rinne bewegliche metallene Typen, den einzelnen Buchstaben des Morse'schen Alphabets entsprechend, also punkt- und strichförmige Erhöhungen enthaltend, eingesetzt werden können, so daß die Schiene, wenn sie lang genug ist, den Typensatz einer ganzen Depesche aufnehmen kann, zu deren Beförderung es dann nur des einmaligen Ueberstreichens mit dem Stifte bedarf. Wenn zwar auch die Fortbewegung des Stiftes mit mäßiger Geschwindigkeit, etwa ³/₈ Zoll in der Sekunde, erfolgt, so ist doch die Berührungsdauer des Stiftes mit den einzelnen Elementarzeichen zu kurz, um mittelst des gewöhnlichen Morse'schen Schreibapparates eine gut lesbare Schrift zu geben. Die Erfinder benutzen daher den Induktionsstrom und den bereits vorhin erwähnten polarisirten Farbschreiber, bei welchem die Bewegungen des Ankers nicht, wie sonst, durch Stromgebung und Unterbrechung, sondern durch Stromwechsel, d. h. wechselnden Lauf des + Stromes von der Rechten zur Linken, und dann von der Linken zur Rechten, demnach auch entsprechende Umkehrung der Pole des Elektromagnetes hervorgerufen werden, was ein weit sichereres und präziseres Ansprechen und somit trotz der Schnelligkeit eine sehr schöne, Punkte und Striche aufs deutlichste und schärfste wiedergebende Schrift zur Folge hat. Der zur Erregung des Induktionsstromes dienende Induktor ist von ähnlicher Einrichtung, wie der früher auf S. 256 beschriebene und in Fig. 9 und 10 abgebildete, nur mit dem Unterschied, daß er horizontal liegt und genau wie bei einer Drehbank mittelst Fußtritt, Schwungrad und Treibriemen in Drehung gesetzt wird. Nun ruft, wie oben gezeigt, jede Drehung zwei in entgegengesetzter Richtung laufende Ströme hervor, welche auf der entfernten Station B eine auf- und abgehende Bewegung der Farbscheibe, somit auf dem Papier einen Punkt erzeugen. Demnach würde bei fortgesetzter Drehung des Induktors eine ununterbrochene Reihe von Punkten entstehen. Um in dieser Punktreihe zunächst freie Zwischenräume zu erhalten, und so die Buchstaben von einander zu trennen, braucht man nur einige wenige Ströme zu unterbrechen. Um endlich Striche hervorzubringen, werden einige, etwa 4, negative Ströme unterbrochen, was zur Folge hat, daß die

Farbscheibe nach jedem positiven Strom nicht (wie sonst) herabsinkt, sondern am Papierstreif so lange liegen bleibt, folglich einen Strich hervorbringt, bis durch Wiedereintritt eines negativen Stromes die Farbscheibe außer Berührung gesetzt wird. Eine speziellere Beschreibung der feinen Hebelvorrichtungen, welche mittelst der Typen die ganze oder theilweise Unterbrechung des Stromes bewirken, würde die uns vorgesteckten Grenzen überschreiten.

Der große Vortheil des hier beschriebenen Typenapparates liegt in der Schnelligkeit der Arbeit, welche gestattet sieben bis achtmal schneller zu telegraphiren; dann in der Schönheit der Schrift, welche alle Irrthümer beim Lesen ausschließt; endlich in der Sicherheit, weil ja der Typensatz in aller Ruhe von Setzern ausgeführt wird und eine Kontrolirung zuläßt. Daß das Setzen der Depeschen einen, übrigens nicht bedeutenden, Zeitaufwand veranlaßt, darf kaum in Betracht kommen, da sich eine beliebige Anzahl von Setzern damit beschäftigen kann. Es liegt übrigens in der Natur der Sache, daß sich die Korrespondenz auf zwei Endstationen beschränken, Zwischenstationen dagegen ausschließen muß; daß daher dieser Telegraph sich nur für durchgehende Depeschen und für mit solchen Depeschen überhäufte Linien eignet, daß auch die für seinen Dienst bestimmte besondere Typenleitung nicht zum gewöhnlichen Handtelegraphiren benutzt werden darf. Selbstverständlich kann der Typenapparat seine ganze Leistungsfähigkeit nur unter der Voraussetzung entwickeln, daß sich die Leitung in gut isolirendem Zustande befinde, und daß eine hinreichende Anzahl von Setzern vorhanden sei, um den Apparat unausgesetzt in Thätigkeit zu halten. Der Siemens-Halske'sche Typenapparat oder Schnellschreiber ist seit mehreren Jahren auf einigen preußischen Linien, z. B. der Berlin-Hamburger, versuchsweise eingeführt.

Stöhrer's Doppelstiftapparat. Um die telegraphische Schrift, welche, wie gezeigt, bis zu sechs Elementarzeichen anwächst, abzukürzen, wurde von Stöhrer in Leipzig mit dem Morse'schen Apparat eine Verdoppelung vorgenommen, so daß sich zwei Elektromagnete mit ihren Hebeln und Schreibstiften dicht neben einander befinden, so jedoch, daß die Punkte und Striche in zwei Reihen neben einander entstehen. Dadurch sind, statt sonst zwei, jetzt vier Elementarzeichen disponibel, indem ein Punkt oder Strich,

je nachdem er sich in der oberen oder unteren Reihe befindet, verschiedene Bedeutung erhält, wie das folgende Beispiel einiger Buchstaben zeigt:

a	e	i	o	u	t	s	r	n	p	v
		.	. . .	—	.	.	. .		—	.
—	.				.	.		. .	.	—

Dieser unverkennbare Vortheil mußte jedoch durch Opfer in der Einfachheit erkauft werden, wenn man nicht für jeden Elektromagnet eine besondere Leitung anlegen wollte. Es mußte die Einrichtung eine derartige Abänderung erfahren, daß durch einen Wechsel der Stromrichtung beliebig der eine oder andere Elektromagnet zur Wirkung kommt. Hierzu bedarf es einer veränderten, weniger einfachen Konstruktion des Relais, welches zwei Anker von magnetisirtem Stahl erhält, so daß je nach der Richtung des Stromes entweder der eine oder der andere Anker in Bewegung gesetzt wird. Der Stöhrer'sche Doppelstift ist sowohl in Sachsen, wie auch in Bayern mehrere Jahre in Anwendung gewesen.

Gintls chemischem Drucktelegraph wird des verwandten Gegenstandes wegen paßlich eine Stelle bei den Kopiertelegraphen anzuweisen sein.

Uebertragungsapparate oder Translatoren. Bei sehr großen Entfernungen, besonders bei ungünstiger Witterung, kann die Stromstärke in solchem Grade leiden, daß selbst eine kolossale Batterie den sicheren Dienst versagt, weßhalb man den Telegraphenlinien ohne Noth nicht über 50 bis 60 Meilen Länge gibt. Man ist daher genöthigt größere Entfernungen in mehrere für sich bestehende Linien abzutheilen, z. B. die Linie Berlin-Paris in die Linien Berlin-Hannover, Hannover-Deutz, Deutz-Brüssel und Brüssel-Paris. Man sah sich früher genöthigt die Depeschen auf jeder dieser Hauptstationen förmlich empfangen, lesen und durch den Telegraphisten weiter telegraphiren zu lassen, wodurch nicht nur viel Zeit verloren ging, sondern auch Irrthümer sich einschleichen konnten. Diesem lästigen Umtelegraphiren hilft der Translator ab, indem er zugleich als Empfänger und Geber wirkt und jedes Elementarzeichen ganz ohne Dazwischenkunft des Telegraphisten sofort mittelst eines neuen kräftigen Stromes weiter befördert. Der Translator ist ein Morse'scher Schreibtelegraph, mit der Abänderung daß der Schreibstift statt wie sonst auf Papier zu wirken,

sich gegen einen metallenen Knopf legt und dadurch die Linienbatterie der neuen Linie schließt und zur Wirkung bringt, folglich die Rolle des Schlüssels übernimmt. Da die Bewegungen desselben genau denen des Schlüssels der ersten Station entsprechen, so erfolgen die Anknüpfungen und Unterbrechungen des Stromes auf der zweiten Linie ganz so wie auf der ersten, und so wird von Linie zu Linie durch immer frische Ströme die Depesche bis zur letzten Station befördert, wobei indessen nicht zu übersehen ist, daß die Akkuratesse der Elementarzeichen durch mehrmalige Uebertragung doch etwas leidet, weßhalb das Telegraphiren langsamer und vorsichtiger als sonst geschehen muß.

b) Typendrucktelegraphen. Das schon so lange und von so Vielen erstrebte Problem, nicht Zeichen, sondern die Buchstaben selbst telegraphisch zu drucken, um die Depesche wie gewöhnlichen Letterndruck auf einem Papierstreif zu erhalten, ist nach vielen, mehr oder weniger fruchtlosen Versuchen, an welchen sich neben vielen Anderen auch Siemens und Halske, sowie Arlincourt, deren Apparate noch jetzt hier und da im Gebrauch sind, betheiligten, endlich durch den Amerikaner Professor Hugues in überraschend schöner Weise gelöst, und es haben seine Apparate sowohl im deutsch-österreichischen Telegraphenverein, wie auch im Auslande, namentlich in Rußland, bereits ausgedehnte Anwendung gefunden.

Ob der wirkliche Typendruck als solcher so große Vorzüge darbieten könne, wie man vermuthen möchte, mag dahingestellt bleiben. Solange der Telegraphendienst von eigens dazu angestellten Telegraphisten versehen wird, denen bald das telegraphische Alphabet vollkommen so in Fleisch und Blut übergeht, wie jedem Anderen das gewöhnliche, erspart der Typendruck an und für sich nur die unbedeutend kleine Mühe die anlangenden Depeschen in gewöhnliche Schrift zu übersetzen. Dagegen ist nicht zu verkennen, daß Irrungen bei einer Schrift, die nur durch Kombination von Punkten und Strichen zu Stande kommt, jedenfalls leichter vorfallen können als bei einem Buchstabendruck. Gewährt nun dieser Druck noch außerdem den Vortheil bedeutend größerer Schnelligkeit, wie dieß der Hugues'sche Apparat wirklich leistet, so verdient das neue System jedenfalls die höchste Beachtung.

Eine sehr ausführliche, durch viele Zeichnungen erläuterte Beschreibung des sehr komplizirten Hughes'schen Telegraphen findet man in der Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins vom Jahr 1866, S. 209, deren Zeichnungen allein sieben Kupferplatten füllen. — Wir wollen versuchen, in gedrängter Kürze das Wesentliche hervorzuheben, um einen Begriff von der Einrichtung und Wirkungsweise des Apparates zu geben, ohne auf eine speziellere Beschreibung eingehen zu können, die in der angezogenen Zeitschrift trotz aller Prägnanz doch 26 Quartseiten ausfüllt, und dennoch zum Verständniß für diejenigen, die das Arbeiten des Apparates nicht durch Autopsie kennen, kaum genügen dürfte.

Hughes, Professor der Physik in New-York, erhielt in Frankreich das erste Patent am 16. Oktober 1855; ein neues im September 1858, welches ihm im Jahr 1860 die französische Verwaltung für 200,000 Frcs. abkaufte. Noch 1862 waren Hughes'sche Telegraphen zwischen Paris. Lyon, Marseille, Bordeaux, Havre und Lille im Gang, wurden aber wegen der starken Abnutzung und häufigen Unordnungen meistentheils außer Betrieb gesetzt, bis eine entsprechende Anzahl von Apparaten zur Auswechselung in Vorrath waren. Auch in England hat die United Kingdom Electric Telegraph Company im Herbst 1863 den Hughes'schen Telegraphen angewendet, wo er zwischen London und Birmingham in der Stunde 50 Depeschen beförderte. Er ist ferner auch für das Kabel im Persischen Golf gewählt. Von seiner Benutzung auf preußischen und russischen Linien wird später einiges Nähere angeführt werden.

Voraus ist zu bemerken, daß sich auf jeder der beiden korrespondirenden Stationen der vollständige Apparat zum Schriftgeben und Empfangen befindet, und daß der Druck der Depeschen stets auf beiden Stationen, also auch auf der sprechenden Station, erfolgt, worin der nicht unwichtige Vortheil liegt, die abgegangene Depesche auf ihre Richtigkeit sofort selbst kontroliren zu können. Ein jeder Buchstab wird auf beiden Stationen, selbst bei sehr großen Entfernungen, wie der von Berlin nach Paris, in einem und demselben Moment gedruckt.

Zum Schriftgeben dient eine Tastatur, ähnlich der eines Klaviers, mit 28 Tasten, die in zwei Reihen, wie beim Klavier die weißen und schwarzen, angeordnet sind, deren jede einem Buch-

staben und zugleich einer Ziffer oder einem sonstigen Interpunktionszeichen entspricht, mit Ausnahme zweier Tasten, welche keine Bezeichnung haben. Von diesen letzteren dient die eine zu einem Zweck, von welchem später gehandelt wird; die andere (Ziffertaste), um zu bewirken, daß statt der Buchstaben Zahlen und Interpunktionszeichen gedruckt werden. So gilt z. B. die Taste H auch zugleich für die Zahl 8. Je nachdem man nun die Ziffertaste mit greift, oder nicht berührt, wird entweder ein H oder eine 8 gedruckt.

Zum Drucken enthält der Apparat eine etwa 2½ Zoll im Durchmesser haltende, während des Arbeitens ununterbrochen umlaufende Typenscheibe, die auf ihrem Umfang 56 kleine Vorsprünge oder flache Zähne enthält, von welchen 52 die Buchstaben des Alphabets, Ziffern und Interpunktionszeichen, wie bei gewöhnlichen Buchdrucklettern, in erhabener Schrift darstellen, jedoch in solcher Anordnung, daß jeder Buchstab und die derselben Taste entsprechende Ziffer ihre Plätze neben einander finden. Diese Typenscheibe dreht sich, durch ein Uhrwerk getrieben, mit genau vorgeschriebener und stets, bei etwa vorkommenden kleinen Abweichungen, durch den Apparat selbst sich regulirender Geschwindigkeit, und macht für gewöhnlich zwei Umgänge in der Sekunde. Unterhalb der Typenscheibe läuft der zu bedruckende Papierstreif über eine kleine Walze, die sich etwas heben und senken kann, so daß sie beim Heben das Papier an die Typenscheibe andrückt und so den Abdruck der gerade an der betreffenden Stelle sich befindenden Type bewirkt. Um den Typen stets die nöthige Buchdruckfarbe zu geben, dient eine daneben befindliche Schwärzewalze.

Es handelt sich nun darum, durch das Andrücken einer dem bezweckten Buchstaben entsprechenden Taste den Erfolg herbeizuführen, daß der Papierstreif genau in demselben Augenblick gehoben werde, wo sich der zu druckende Buchstab der Typenscheibe gerade unten, dem Papier gegenüber, befindet. Streng genommen müßte die Typenscheibe, um einen reinen Druck zu ermöglichen, bei jedesmaligem Abdruck eines Buchstabens einen Augenblick anhalten; es ist dieß auch in der That der Fall, weil die Typenscheibe auf ihrer Achse nicht festsitzt, sondern, obwohl mit Reibung, sich darauf drehen kann, mithin durch das sich andrückende Papier während der kurzen, nur 1/260 Sekunde dauernden Berührung zurückgehalten

wird. Die Aufgabe besteht nun darin die kleine Walze mit dem Papier im richtigen Augenblick in die Höhe zu schnellen. Zu diesem Zweck sitzt sie an dem Ende eines Hebels, der durch einen Daumen einer darunter liegenden Daumenwelle gehoben werden kann. Diese Daumenwelle liegt für gewöhnlich still, kann aber durch das Spiel eines Elektromagneten mittelst einer Kuppelung oder Einrückvorrichtung mit dem rotirenden Räderwerke in plötzlichen Eingriff gebracht werden, wo sie dann mit außerordentlicher Geschwindigkeit eine Drehung macht und dabei den Abdruck des gerade über ihr befindlichen Buchstabens vollzieht. Ein ungemein sinnreicher Mechanismus bezweckt nun, nachdem eine der Tasten angedrückt worden, gerade in dem Momente, wo der dieser Taste entsprechende Buchstab der Typenscheibe sich unten an der Druckstelle befindet, die Batterie zu schließen und einen Strom durch die Elektromagnete beider Stationen zu senden und so in der angegebenen Weise den Druck zu bewirken. Es erfolgt also, worauf wir ausdrücklich aufmerksam machen, der Druck nicht in dem Augenblick, wo die Taste angedrückt wird, sondern erst **nach** dem Andrücken der Taste, genau in dem Momente wenn ihr Buchstab die Druckstelle erreicht hat. Unmittelbar nach erfolgtem Druck senkt sich das Papier wieder, wird aber zugleich durch die mit feinen Spitzen versehene Walze, worauf es liegt, ein wenig fortgezogen, damit der nächstfolgende Buchstab nicht über den vorherigen gedruckt werde, sondern in geeigneter Entfernung hinter ihm seinen Platz finde. Sollen Ziffern gedruckt werden, zu welchem Zweck man, wie oben erwähnt, die Ziffertaste anzudrücken hat, so wird ebenfalls durch Einwirkung der Elektromagnete die Typenscheibe auf ihrer Achse so verschoben, daß statt des Buchstabens die ihm zunächst stehende Ziffer gedruckt wird.

Eine ebenso schwierige wie unerläßliche Aufgabe bestand natürlich darin den Umlauf der Typenscheiben auf beiden entfernten Stationen in so vollkommen synchronistische Uebereinstimmung zu bringen, daß sie selbst nach längerer Arbeit auch nicht um die Breite eines einzigen Buchstabens differirten, weil ja sonst auf der empfangenden Station lauter falsche Buchstaben zum Vorschein kommen würden. Der Erfinder erreicht diesen, gewissermaßen die Lebensfrage des Apparates bildenden, Zweck durch ein doppeltes Mittel. Zunächst ertheilt er den durch (100 Pfd. schwere) Gewichte getrie-

benen Laufwerken der beiden Stationen mittelst horizontaler, nach einem Kegelmantel schwingender oder kreisender Pendel nebst Bremsvorrichtungen und eines Schwungrades, so weit dieß auf gewöhnlichem Wege möglich ist, eine gut übereinstimmende Drehungsgeschwindigkeit. Zum zweiten aber stattet er die mehrerwähnte, zum Druck dienende Daumwelle mit einem zweiten Korrektionsdaumen von passender Form aus, der jedesmal beim Umgang der Welle in die Zähne eines mit der Typenscheibe fest verbundenen Korrektionsrades eingreift, und dessen Bewegung dadurch regulirt, daß er dieses Rad und mit ihm die Typenscheibe etwas zurückhält, wenn sie vorgeeilt, und umgekehrt etwas weiter schiebt, wenn sie etwa zurückgeblieben sein sollte. Daß eine solche Korrektion nur mit Hülfe der schon oben angeführten Bewegbarkeit auf der Achse stattfinden kann, ist einleuchtend, desgleichen aber auch, daß, wenn das Umlaufen der Scheiben eine Weile ohne Telegraphiren, also ohne die korrigirende Einwirkung fortdauert, sehr leicht die Scheiben der beiden Stationen auseinander kommen. Um diesem allerdings ziemlich leicht wieder gut zu machenden Uebelstande vorzubeugen, empfiehlt es sich, zu Zeiten, wo nicht telegraphirt wird und die Laufwerke noch im Gange sind, die eine der nicht bezeichneten Tasten häufig anzudrücken, um so das Telegraphiren zu ersetzen. Da nun die Daumenwellen beider Stationen, weil durch einen und denselben elektrischen Strom gleichzeitig mit den Laufwerken gekuppelt, auch gleichzeitig ihren jedesmaligen Umlauf beginnen und beenden, so werden auch ihre Korrektionsdaumen gleichzeitig in die Korrektionsräder eingreifen, folglich beide Typenscheiben in genau übereinstimmende Lage schieben.

Erfahrungsmäßig kann man bei Linien von 50 bis 70 Meilen der Typenscheibe eine Geschwindigkeit von 110 bis 120 Umgängen in der Minute ertheilen, wogegen bei 80 bis 90 Meilen die Zahl der Umgänge auf 90 bis 100 vermindert werden muß.

Die Leistungsfähigkeit des Hugues'schen Telegraphen hängt wesentlich von der Uebung des Telegraphisten ab, denn die Konstruktion des Apparates läßt es zu, während Eines Umlaufs der Typenscheibe mehrere Buchstaben zu drucken, vorausgesetzt, daß sie einander nicht zu nahe folgen. So würde sich das Wort „alt“ während Eines Umganges drucken lassen, weil das l vom a, ebenso

das t vom l die mindeste zulässige Entfernung (von 4 Buchstaben) reichlich überschreitet. Es ist dabei keineswegs nöthig die Tasten nach einander anzudrücken, sie können vielmehr gleichzeitig, wie ein Akkord auf dem Fortepiano, gegriffen werden. Daß es aber beim raschen Telegraphiren eines sehr geübten Ueberblickes bedarf, um bei einem Worte sogleich die Zulässigkeit oder Nichtzulässigkeit der in Rede stehenden Abkürzung einzusehen, ist begreiflich. Außerdem bedingen noch andere Umstände, so namentlich der Zustand der Leitung und die Häufigkeit von Richtungswechseln in der Korrespondenz, die Leistung des Apparates. Beispielsweise wurden in Berlin bei einer 1866 angestellten Versuchsreihe befördert:

zwischen Berlin und Frankfurt a. M.:
in 9 Stunden 357 Depeschen, also in der Stunde $39^2/_3$;
zwischen Berlin und Wien:
in 9 Stunden 308 Depeschen, also in der Stunde $34^2/_9$;
zwischen Berlin und Paris:
in 9 Stunden 354 Depeschen, also in der Stunde $39^1/_3$.

In kürzeren Zeitabschnitten, bei glatt von statten gehender Korrespondenz, erhebt sich die Leistungsfähigkeit weit höher, bis auf 45 bis 50 Depeschen; ja es wurden sogar einmal 54 Depeschen, worunter eine von 69 Wörtern, in der Stunde befördert. Rechnet man eine Depesche im Durchschnitt zu 30 Wörtern, nämlich 20 Wörter Text und 10 Wörter amtlicher Bemerkungen, so sind für gewöhnlich 20 Wörter, unter günstigen Umständen 27 Wörter in der Minute telegraphirt, während man die Leistungsfähigkeit des Morse zu etwa 20 Depeschen pro Stunde, also etwa die Hälfte, annehmen kann.

Die preußische Telegraphenverwaltung hat seit 1865 diese Apparate in Gebrauch genommen, und 1866 waren acht Exemplare vorhanden, von welchen einer in Frankfurt, einer in Warschau und sechs in Berlin sich befanden. Vier der letzteren waren für die Korrespondenz mit Paris, Wien, Warschau und Frankfurt in unausgesetzter Thätigkeit, die übrigen zwei dienten als Reserveapparate und zur Einübung der Telegraphisten.

Sehr strenge Prüfungen des Hugues'schen Telegraphen gingen seiner Einführung in Rußland vorher. Es waren zwei Apparate in St. Petersburg und in Moskau, 600 Werst (gegen 90 Meilen)

von einander entfernt aufgestellt und dauernd in praktischen Betrieb gesetzt; sodann wurde, bei Benutzung eines Umweges, durch 180 Meilen Leitungslänge die Korrespondenz geführt; ferner wurde auf 2000 Werst (300 Meilen) Entfernung direkt ohne Uebertragung korrespondirt; es wurde endlich auf verschiedene Entfernungen mit Uebertragung und schließlich zwischen St. Petersburg und Paris (2800 Werst oder 402 Meilen) mit nur drei Uebertragungen gearbeitet. Bei allen Versuchen ergab sich, daß der Apparat fünfmal (?) so viel leistete als der Morse.

Für den kurrenten Verkehr, zumal auf kleineren Linien, dürfte der Hugues'sche Telegraph theils seiner Kostbarkeit, theils seiner großen Komplikation wegen, die bei vorkommenden Beschädigungen schon einen sehr geschulten Mechaniker zur Reparatur verlangt, den Morse oder Farbenschreiber schwerlich verdrängen.

c) Kopiertelegraphen. Die kühne Idee, nicht nur Schrift, sondern selbst jede beliebige Zeichnung in einer getreuen Kopie auf der entfernten Station zu reproduziren, ist zuerst 1847 von dem Engländer Bakewell in einigermaßen befriedigender Weise verwirklicht worden. An beiden Stationen A und B befinden sich Walzen, die mit möglichst genau übereinstimmender Geschwindigkeit durch Uhrwerke gedreht werden. An diese Walzen drücken sich Stifte, die ebenso wie die Walzen selbst mit der Leitung in Verbindung stehen, so daß der durch eine Batterie erregte Strom durch die Walzen und Stifte seinen Weg nimmt. Der Erfinder läßt nun den Strom auf der empfangenden Station B bei seinem Uebergange von dem Stift auf die Walze auf einem dazwischen gelegten, chemisch präparirten Papier eine chemische Wirkung und dadurch auf dem Papier eine blaue Farbe hervorbringen. Er tränkt das Papier mit einer durch Salzsäure angesäuerten Lösung von gelbem Blutlaugensalz, welche beim Durchgange eines elektrischen Stromes sich zersetzt und Berlinerblau erzeugt. Wird nun, während die Walze sich dreht, der Schreibstift mittelst einer sich ebenfalls drehenden langen Schraubenspindel langsam seitlich fortbewegt, so beschreibt er auf der Oberfläche der Walze eine Schraubenlinie, die sich auf dem Papier, wenn die Linien einander sehr nahe liegen, als eine blaue Schraffirung darstellt. Wird während dieses Vorganges der Strom zeitweilig unterbrochen, so bleiben die Stellen des Papiers, über

welche sich der Stift hinwegbewegt, weiß. Die von der Station A zu versendende Zeichnung wird mit einer firnißartigen, also isolirenden Tinte auf ein Stanniolblatt gezeichnet, und dieses auf die Walze von A gelegt. Solange nun der Stift auf dem Stanniol fortgleitet und dabei ebenso, wie auf der anderen Station, durch langsame Seitenbewegung eine Schraubenlinie beschreibt, erfolgt in B blaue Schraffirung; geht aber der Stift über eine mit Firniß bedeckte Stelle des Stanniols, also über eine Linie der Zeichnung, so erscheint dieselbe Linie in Station B weiß auf blauschraffirtem Grunde. Man begreift leicht, daß es zu dieser Art den elektrischen Strom zu benutzen, eines einigermaßen kräftigen Stromes bedarf, um den durch das feuchte Papier gebotenen Widerstand zu bewältigen; daß aber beim Austrocknen des Papiers die Wirkung vollständig aufhört. Den nöthigen Synchronismus der Walzendrehung auf den verbundenen Stationen suchte der Erfinder dadurch zu sichern, daß nicht nur die Triebwerke und die Zuggewichte überall von gleicher Anordnung genommen wurden, sondern es wurden auch die Walzen mittelst einer elektromagnetischen Hemmung durch den zirkulirenden Strom in gleichen Zeitintervallen gehemmt und wieder freigelassen.

Versuche mit dem Bakewell'schen Apparate im September 1847 sollen etwa 400 Buchstaben, also 70 Wörter, in der Minute befördert haben. Mag auch hierin eine Uebertreibung liegen, so beruht doch die Erfindung auf vollkommen guten Grundlagen, und wenn sie sich trotz ihrer wunderbaren Leistung nicht nur Schrift, sondern jede beliebige Zeichnung, z. B. die Ansicht eines Hauses, das Profil eines entwichenen Sträflings oder die Handschrift eines Kaufmannes und dergleichen, getreu wiederzugeben, Eingang zu verschaffen nicht vermochte, so mag die Ursache theils dem Umstande zuzuschreiben sein, daß die stete Handhabung eines nassen, mit Säure getränkten Papiers, das alle metallenen Theile, mit denen es in Berührung kam, korrodiren mußte, lästig ist, theils dem Uebelstande, daß die Zeichnung weiß auf blauem Grunde erfolgt und außerdem als bloße Aussparung in einer Schraffirung nur geringe Schärfe besitzt.

Die Bakewell'sche Erfindung wurde später von Caselli wieder aufgenommen und mit einigen, obwohl unwesentlichen, Aenderungen als neue Erfindung angepriesen.

Der Gintl'sche elektrochemische Telegraph. Nachdem von Bain (1847), von Morse (1848), von Whitehouse (1853) und von Stöhrer (1853) elektrochemische, auf die Bakewell'sche Erfindung sich gründende Apparate ins Leben getreten waren, brachte Gintl, österreichischer Telegraphendirektor, ebenfalls 1853 einen demselben Prinzip entnommenen Apparat zu Stande, dessen außerordentlich einfache Einrichtung durch die Skizze, Fig. 21, sich erläutert, und sowohl Relais wie Lokalbatterie ganz entbehrlich machte. Den Haupttheil bildet ein halb zylindrischer Metallsteg a nebst dem eisernen Schreibstift b, der sich auf den zwischen ihm und dem Stege hindurchgehenden Papierstreif andrückt. Uhrwerke mit kleinen Walzen cc, ähnlich denen des Morse'schen Apparates, die jedoch eines synchronistischen Umlaufes keineswegs bedürfen, ziehen das Papier mit angemessener Geschwindigkeit fort. Die mit den Stegen, Batterien und der Erde, wie aus der Skizze ersichtlich, verbundenen Schlüssel d,d mit Rückkontakt werden genau wie beim Morse gehandhabt, um durch Punkte und Striche die Schrift zu geben. Zur Tränkung des (ungeleimten) Papiers bedient sich Gintl einer Mischung von 70 Gramm Cyaneisenkalium, 450 Gramm Wasser, 10 Gramm Salzsäure und 160 Gramm gesättigter Kochsalzlösung auf das Pfund Papier. Der damit getränkte Papierstreif wird getrocknet und auf die Rolle e gewunden, unmittelbar aber vor Empfang der Schrift mit einer Kochsalzlösung oder (besser) sehr stark verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, die sich in einem Napfe f befindet, in dessen Deckel ein glatt abgeschnittener Schwamm steckt, welcher, von der Flüssigkeit durchnäßt, den über seine obere Schnittfläche hingleitenden und durch eine kleine Walze angedrückten Papierstreif benetzt. Empfindlicher noch als die so eben angegebene Mischung, aber im Gebrauch weniger bequem, ist eine Lösung von Jodkalium und Stärkekleister, und zum Anfeuchten des damit getränkten und wieder getrockneten Papiers eine mit wenig Schwefelsäure versetzte Alaunlösung. Bei der früher genannten Mischung kommt die blaue Farbe nicht sogleich, sondern erst nach etwa einer Minute zum Vorschein, bei der letzteren eine violette Farbe sofort.

Eine im September 1853 in Berlin angestellte Versuchsreihe ergab sehr befriedigende Resultate. Man hatte zu dem Ende auf der 105 Meilen langen Linie Berlin-Amsterdam sämmtliche Zwischen-

stationen ausgeschaltet, und arbeitete abwechselnd mit einem Morse und einem Gintl. Bei Anwendung einer Batterie von sechs Elementen gaben beide Apparate noch gute Schrift; bei vier Elementen zeigte sich beim Morse die Schrift nicht mehr verläßlich, während der Gintl'sche Apparat zwar schwache, aber doch noch lesbare Schrift gab; bei drei Elementen hörte bei beiden alle Wirkung auf. Diese außerordentliche Empfindlichkeit beider Apparate war aber dem ungewöhnlich guten Zustande der Leitung und der sehr günstigen Witterung zuzuschreiben, denn unter gewöhnlichen Verhältnissen würden beide eine viel größere Zahl von Elementen beansprucht haben.

Caselli's Pantelegraph. Dem von dem Abbé Giovanni Caselli im Jahr 1856 erfundenen, später von ihm mehrfach verbesserten Telegraphen liegt ebenfalls, wie schon erwähnt, die Bakewell'sche Erfindung zu Grunde, und er weicht nur in einigen Punkten von ihr ab; so in der Art der Herstellung des Synchronismus auf beiden Stationen, der Anwendung von Zylindersegmenten statt der Walzen, endlich auch in dem Umstande, daß die Zeichnung blau auf weißem Grunde, nicht umgekehrt, wie bei Bakewell, erscheint.

Der natürlich auf beiden korrespondirenden Stationen gleiche Apparat besteht in einem 2 Meter langen, unten mit einer 16 Pfd. schweren eisernen Linse belasteten Pendel, dessen Schwingungen durch zwei zu beiden Seiten befindliche Elektromagnete, die abwechselnd in Wirksamkeit treten, unterhalten und zugleich regulirt werden. Dieses große Pendel hat den Zweck die übrigen beweglichen Theile des Apparates in hin- und hergehende Bewegung zu setzen, mithin eine gewisse Triebkraft zu entwickeln, würde aber unter den nicht unbedeutenden Widerständen und Störungen nimmermehr den Gesetzen der Pendelschwingung folgen und einen gleichmäßigen Gang beobachten, wenn nicht die erwähnten, zu beiden Seiten angebrachten Elektromagnete auch zugleich dazu dienten den Synchronismus der Pendelschwingungen auf beiden Stationen zu sichern. Es ist zu diesem Zweck auf jeder der beiden Stationen eine Pendeluhr aufgestellt, deren Pendel beim Hin- und Herschwingen mit Federn in Berührung tritt und durch diese den Strom einer starken Lokalbatterie bald dem rechten, bald dem linken Elektromagneten zusendet, welche nun, indem sie das große Pendel wechselweise anziehen

und wieder loslassen, es zwingen den Pendelschlägen der Uhr genau zu folgen. Sollten aber, trotz des genauesten Ganges der Uhren, die Pendelschläge auf beiden Stationen nicht genau gleichzeitig von statten gehen, so erkennt man dieß sofort aus der Lage der Zeichnung, und vermag nun vermittelst einer Mikrometerschraube die Lage der so eben erwähnten Berührungsfedern so zu stellen, daß die Elektromagnete im richtigen Augenblicke ihre Ströme empfangen und den Synchronismus mit den Pendelschlägen der andern Station wieder erlangen. Diese Regulirung durch die Hand des Telegraphisten, welche natürlich nie während des Telegraphirens, sondern nur in Zwischenpausen stattfinden darf, steht offenbar weit zurück hinter der bei dem Hughes'schen Telegraphen beschriebenen Selbstregulirung während des Telegraphirens

Der Apparat zum Schriftgeben und Empfangen besteht auf jeder Station aus zwei, in Gestalt von Zylindersegmenten gebogenen, dem Papier zur Unterlage dienenden Blechtafeln, die in der Richtung ihrer Achsen neben einander liegen, sich aber nicht berühren, und deren eine zum Schriftgeben, die andere zum Empfangen dient. Genau wie bei Bakewell liegen die Stifte fest, während sich das Papier unter ihnen bewegt; bei Bakewell mit der Walze umlaufend, bei Caselli mit den Zylindersegmenten um die Achse des Zylinders hin- und hergehend. Es ist hiebei die Anordnung getroffen, daß jeder der beiden Stifte nur bei Einer Bewegung des Papiers arbeitet, bei der zurückgehenden dagegen etwas gehoben wird und außer Berührung kommt. Es arbeitet also beim Hingange des Papiers nur der eine, z. B. der gebende, beim Hergange der andere, also der empfangende Stift, denn es ist die Absicht gleichzeitig auf beiden Stationen zu geben und zu empfangen.

Die Schrift oder Zeichnung wird mit einer besonderen, Schellack enthaltenden Tinte auf ein besonders für diesen Zweck mit großer Sorgfalt angefertigtes, mit Zinn überzogenes, sogenanntes Silberpapier ausgeführt, welches die Telegraphenverwaltung dem Publikum gegen einen geringen Preis überläßt, damit ein Jeder seine Depesche oder Zeichnung selbst schreibe oder zeichne. Beim Abtelegraphiren befestigt man das Blatt auf der gebogenen Blech-

unterlage. Zum Empfangen dagegen dient ein mit gelbem Blutlaugensalz getränktes, noch feuchtes Papier.

Die Stifte, an Muttern sitzend, in welchen sich lange Schraubenspindeln drehen, rücken nach jeder Bewegung des Papiers (nicht während derselben) um $^1/_8$ Millimeter seitwärts fort, so daß, da der Rückgang, wie gesagt, blind erfolgt, die von den Stiften beschriebenen Wege oder Linien in Entfernungen von $^1/_4$ Millimeter, also einander außerordentlich nahe liegen.

Um nun aber dunkle Schrift auf weißem Grund zu erhalten, bedient sich Caselli der folgenden, sehr sinnreichen Anordnung, welche bewirkt, daß eine Unterbrechung des Stromes auf der gebenden Station, auf der empfangenden Station Strom erregt. Die Skizzen Fig. 22 und 23 zeigen diese Anordnung. a ist die zylindrische Blechunterlage mit dem darauf befestigten beschriebenen Silberpapier, b die Linienbatterie, c der Stift, d die Linienleitung, e die Erdplatte. Wenn sich nach Skizze 22 der Stift auf dem leitenden Zinn befindet, wählt der Strom natürlich den kürzesten Weg, also den Draht f, um vom + Pol der Batterie zum — Pol überzugehen, wogegen die unendlich viel längere, über die Station B gehende Leitung einen diesem größeren Widerstande proportional schwächeren, also so gut wie gar keinen Strom empfängt, mithin auch keine Schrift gibt. Kommt dagegen, nach Skizze 23, der Stift auf die isolirende Schrift, so wird der Strom, dem nun der kurze Rückweg abgeschnitten ist, gezwungen über Station B zu gehen und hier Schrift zu geben und durch die Erdleitung zum — Pol zurückzukehren; gewiß ein recht eklatantes Beispiel des sklavischen Gehorsams, mit welchem der galvanische Strom den ihm vorgeschriebenen Weg verfolgt; denn nachdem man vorher dem Strom Gelegenheit geboten hatte, auf einem sehr kurzen, wenige Fuß betragenden Wege von einem Pol der Batterie zum anderen zu gehen, legt man ihm plötzlich die fast unmeßbar dünne Schicht der Tinte in den Weg, und sofort ändert er seinen Lauf, um den allein ihm noch verbleibenden Weg, vielleicht von Paris nach Marseille und von da zurück, etwa 240 geographische Meilen, einzuschlagen und in einem kleinen Bruchtheil einer Sekunde zurückzulegen.

Die Leistungsfähigkeit betreffend, so soll der Pantelegraph zwei Telegramme von je 120 Quadratcentimeter (etwa 21 Quadratzoll)

Größe mit zusammen 400 Wörtern in 20 Minuten, also 20 Wörter in der Minute, befördern, vorausgesetzt daß stets zwei Telegramme zugleich zwischen den Stationen gewechselt werden. Verglichen mit dem Morse, der in der Minute etwa 10 Wörter gibt, würde der Caselli das Doppelte leisten. Der Pantelegraph ist im Februar 1865 auf der Paris-Lyoner Eisenbahn dem Publikum zur Benutzung übergeben worden. Das Blatt Papier kostet 10 Centimes und die Beförderungsgebühr ist 20 Centimes für jedes Quadratcentimeter, also etwa 10 Centimes (8 Pf.) für jedes Wort.

Es scheint dem Pantelegraphen, wie allen chemischen Telegraphen, keine Zukunft zu blühen, theils weil der Feuchtigkeitszustand des Papiers so großen Einfluß auf das Resultat übt, und überhaupt das Umgehen mit Flüssigkeiten den Telegraphisten lästig fällt, theils weil er beim Arbeiten kein hörbares Zeichen gibt und daher eines besonderen Weckers bedarf. Wir glauben deßhalb auch den chemischen Typotelegraphen von Bonelli, welcher unter günstigen Verhältnissen in der Minute 200 Depeschen (?) von 20 bis 30 Wörtern telegraphiren soll, aber 5 Leitungsdrähte erfordert, und bei welchem, ähnlich dem Siemens'schen Schnellschreiber, die Depeschen mit metallenen Lettern vorher gesetzt sein müssen, übergehen zu dürfen.

Umschalter. Die meisten Telegraphenlinien enthalten außer den beiden Haupt- oder Endstationen noch eine Anzahl Zwischenstationen, welche sämmtlich nicht nur mit den Endstationen, sondern auch unter einander in Korrespondenz zu treten im Stande sein müssen. Natürlich muß die Linienleitung durch sämmtliche Stationen und Apparate gehen, um eine jede in den Stand zu setzen, beliebig jede andere zum Zweck einer einzuleitenden Korrespondenz zu rufen. Da aber die Apparate mit ihren langen feinen Drahtwindungen dem Linienstrom einen großen Widerstand entgegensetzen, ihn also bedeutend schwächen würden, es aber auch genügt nur den Telegraphen der gerufenen, also empfangenden Station arbeiten zu lassen, so trifft man die Anordnung die übrigen Stationen mittelst der Umschalter in den Stand zu setzen ihre eigenen Telegraphenapparate aus der Linienleitung auszuschalten und so die Stromschwächung zu beseitigen. Diese Umschalter sind außerdem in vielen anderen Fällen, wo Leitungen sowohl unter einander, als auch

mit den verschiedenen Apparaten beliebig zu kombiniren oder die Apparatverbindungen, besonderen Zwecken entsprechend, schnell zu wechseln sind, ganz unentbehrlich, und bestehen in der allgemein rezipirten Form aus mehreren kurzen, fein polirten, auf einem Mahagonibrettchen befestigten Messingschienen, die mit den Drähten verbunden sind, und unter einander auf eine leichte und sichere Weise in leitenden Kontakt gebracht werden können. Ganz allgemein bedient man sich hierzu messingner Stöpsel von konischer Gestalt, oben mit einem Knopf zum Anfassen versehen. Die nahe neben einander liegenden, sich aber nicht berührenden Schienen enthalten an gewissen Stellen Ausschnitte, die zusammen ein dem Stöpsel entsprechendes konisches Loch bilden, so daß man nur den Stöpsel einzustecken braucht, um die beabsichtigte Verbindung herzustellen. Es gibt solcher Umschalter eine Menge von verschiedener Einrichtung, deren jeder, zur Unterscheidung von anderen, auf den Stationen des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins durch eine Nummer bezeichnet wird. Wählen wir beispielsweise die Nr. 14, die in Fig. 24 dargestellt ist, einen Umschalter, der den gewöhnlich auf Zwischenstationen vorkommenden fünf Fällen entspricht. Nehmen wir beispielsweise zwei Stationen, A und B, und als Zwischenstation Z an. Die Anordnung der Apparate würde nun in Z nach Fig. 25 zu machen sein, in welcher a und b zwei Galvanometer, c den Schlüssel mit Rückkontakt, d die Batterie, e das Relais des Morse oder bei fehlendem Relais den Morse selbst, f die Erdplatte und g den Umschalter bezeichnen.

1) Erster Fall, den Fig. 25 darstellt. Der Stöpsel, in Loch 1 gesteckt, verbindet die linke mit der rechten Schiene. Der von A kommende Strom durchläuft das Galvanometer a, geht im Umschalter von der rechten zur linken Schiene und von da weiter durch das Galvanometer b nach B. Z hat sich also ausgeschaltet, so daß A und B direkt korrespondiren, nur bleiben die Galvanometer im Strom, was nöthig ist, damit Z die Beendigung der Korrespondenz erkennen und sich dann sofort wieder einschalten könne.

2) Stöpsel in keines der Löcher gesteckt, nach Fig. 26, **Zirkularstellung**, in welcher Z die zwischen A und B laufenden Depeschen mit empfängt. Der Strom von A geht durch a, die

rechte Schiene, den Schlüssel, den Morse nach der linken Schiene, durch b und so nach B.

3) Stöpsel in Loch 2, nach Fig. 27. Z korrespondirt mit A, nicht mit B, mit welchem es nur durch das Galvanometer b in Kommunikation bleibt. Da Z spricht, muß seine Batterie arbeiten, wie aus der Zeichnung hervorgeht. Der vom + Pol der Batterie ausgehende Strom nimmt seinen Weg nach der linken Schiene des Umschalters (nicht durch den Morse, weil der Rückkontakt des Schlüssels aufgehoben ist), dann durch den Stöpsel in die untere Schiene, von hier in die Erde, nach A und so durch a, die rechte Schiene und den Schlüssel nach dem — Pol der Batterie zurück. Den anscheinend ihm auch freistehenden Weg über B kann er nicht einschlagen, weil er auf ihm nicht zum — Pole zurückkommen würde.

4) Stöpsel in Loch 3, nach Fig. 28. Z korrespondirt nur mit B; der entgegengesetzte Fall des vorhergehenden. Der Strom des + Poles geht nach der linken Schiene, nach b, dann nach B, dort in die Erde, nach der Erdplatte in Z zurück in die untere Schiene des Umschalters, durch den Stöpsel in die rechte und den Schlüssel zum — Pol der Batterie zurück.

5) Stellung bei Gewittern. Zwei Stöpsel eingesteckt, nach Fig. 29. Beide Leitungen sind zur Erde geführt, die Apparate aber, freilich mit Ausnahme der Galvanometer, welche jedoch, wie wir sogleich zeigen werden, auch geschützt werden, dem Strom entzogen.

Weitere Beschreibungen anderer, oft sehr komplizirter Umschalter müssen wir uns versagen.

Die Anzahl der Batterie-Elemente richtet sich natürlich nach dem zu überwindenden Widerstande, also der Länge der Leitung und der Anzahl der Zwischenstationen, wobei zu bemerken ist, daß eine und dieselbe Batterie bei geringer Vermehrung der Elementenzahl zugleich für mehrere Leitungen dienen kann. In Preußen gelten darüber die folgenden Bestimmungen.

Für Haupt-Uebertragungs- und Endstationen bei 40—50 Meilen Entfernung:

Leitungen.	Elemente.	Leitungen.	Elemente.
1	56	10	74
2	57	11	77

Leitungen.	Elemente.	Leitungen.	Elemente.
3	58	12	81
4	60	13	84
5	62	14	88
6	64	15	92
7	67	16	97
8	69	17	102
9	71	18	108.

Für Zwischenstationen bei 20—25 Meilen Entfernung:

Leitungen.	Elemente.	Leitungen.	Elemente.
1	33	6	39
2	34	7	40
3	35	8	42
4	36	9	43
5	37	10	44.

Die Lokalbatterien bedürfen keiner bedeutenden Elementenzahl, weil sie nur den Strom für den in ihrer unmittelbaren Nähe befindlichen Schreibapparat zu geben haben.

So rechnet man

für	2 Schreibapparate	6	Elemente,
„	4 „	10	„
„	6 „	16	„
„	10 „	24	„

Die Batterien finden zweckmäßig ihren Platz in verschließbaren, mit Börten versehenen Glasschränken.

Einwirkung der atmosphärischen Elektrizität. Wenn nach heißen Sommertagen oder auch sonst bei raschem Temperaturwechsel die Wolken sich in stark elektrischem Zustande befinden, so können sie, ganz abgesehen von den zerstörenden Wirkungen des Blitzes, elektrische Ströme in den Leitungen hervorrufen, welche die Korrespondenz bedeutend erschweren, selbst ganz unterbrechen. Befindet sich nämlich eine z. B. mit positiver Elektrizität beladene Wolke über einem Theil einer Leitung, so verursacht sie in Folge der Anziehung zwischen + E und — E in der unter ihr befindlichen Erdoberfläche, also auch in der Drahtleitung, eine Ansammlung negativer E. Kehrt nun die Wolke, sei es durch eine zwischen ihr und einer anderen Wolke erfolgte Entladung oder durch andere Ursachen, in den

unelektrischen Zustand zurück, so strömt auch die in der Erde und der Drahtleitung angesammelte Elektrizität nach allen Seiten ab, und kann so in der Leitung starke, die Korrespondenz störende, selbst den Apparaten gefährlich werdende Ströme erregen. So beobachtete Baumgartner, als Gewitterwolken in bedeutender Entfernung an der Telegraphenlinie hinzogen, daß der Zeiger eines Nadeltelegraphen bleibend abgelenkt wurde. Näherte sich die Wolke der Telegraphenstation, so dauerte die Ablenkung der Nadel so lange fort, als diese Annäherung bestand; sobald aber die Wolke anfing sich wieder zu entfernen, ging die Ablenkung in die entgegengesetzte über. Selbst ohne Vorhandensein von Wolken hat man, freilich weit schwächere, Ströme beobachtet.

Von großem Einfluß ferner zeigen sich die während des Nordlichtes in der Erdoberfläche auftretenden Nordlichtströme, oft in wechselnder Richtung und von solcher Stärke, daß sie die Ströme selbst starker Batterien aufzuheben vermögen; jedoch gilt dies nur für sehr lange, über 50 Meilen betragende Linien, da bei kurzen kaum eine Einwirkung sich spüren läßt. Als wirksamstes Mittel solchen atmosphärischen Störungen zu begegnen, schaltet man vermittelst geeigneter Umschalter die Erdleitung aus, dagegen eine andere Drahtleitung derselben Linie ein, welche jetzt die Rückleitung des Stromes übernimmt. Da nun die atmosphärischen Einflüsse sich auf beide, dicht neben einander liegende Drähte in ganz gleicher Weise äußern, vermögen sie nicht einen durch die Leitung zirkulirenden Strom ins Leben zu rufen.

Der Blitzableiter. Schon häufig wurden Telegraphenleitungen vom Blitz getroffen, der dann, vom Drahte fortgeleitet, bis zu den feinen Apparaten benachbarter Stationen gelangte und dieselben zerstörte. Seit Einführung der telegraphischen Blitzableiter ist diesen Gefahren fast vollständig vorgebeugt. Um aus der großen Zahl derartiger Vorkommnisse nur ein paar hervorzuheben, erwähnen wir des Falles vom 19. Juli 1847, Abends, auf der Taunuseisenbahn zwischen Höchst und Frankfurt. Man hatte wegen eines heftigen Gewitters zur Vorsicht den telegraphischen Apparat mittelst eines dünnen Kupferdrahtes, der die Hauptleitungsdrähte verband, ausgeschaltet, als ein heftiger Schlag mit gleichzeitigem Blitz und Donner sich entlud. In demselben Augenblick gewahrte ein Beamter,

daß der Telegraph in Thätigkeit war, und bevor er Zeit hatte zu untersuchen, ob vielleicht die gemachte Nebenschließung nicht vollständig sei, fuhr dicht am Telegraphen an einer Winkelbiegung des Drahtes ein armdicker, 2 bis 3 Fuß langer, blauer Feuerstrahl mit einem Knalle gleich dem einer Pistole heraus. Dasselbe Phänomen, ohne Zweifel dem Abströmen der in der Leitung angesammelten Elektrizität angehörend, wiederholte sich bei mehreren folgenden Schlägen. Der dünne Schließungsdraht zeigte sich theilweise geschmolzen. Es wurden 18 der tannenen Tragstangen mehr oder weniger zersplittert und zerrissen, wobei sich die eigenthümliche, in ähnlichen Fällen auch sonst schon beobachtete Erscheinung zeigte, daß die ausgesplitterten Stellen in einer Spirallinie mit mehrmaliger Windung um die Stange herabliefen. Fast alle Stangen der Linie fanden sich nach dem Gewitter in der Richtung von Ost nach Süd in der Erde mehr oder weniger um ihre Achse gedreht und besonders in der Nähe der Stelle, wo die Zerstörung stattgefunden hatte, bis auf 90°.

Im Juni 1849 wurde ein Siemens'scher Telegraph auf der Berlin-Frankfurter Linie durch ein Gewitter fast gänzlich unbrauchbar gemacht. Der Blitz schlug in der Nähe von Kassel in den Leitungsdraht, wurde dadurch nach der Metallplatte des Apparates geleitet und zerschmelzte den Draht nebst einem Theil der Platte so, daß nur wenige Theile in brauchbarem Zustande blieben.

Wenn übrigens die Drahtleitung einer Telegraphenlinie an einer Stelle vom Blitz getroffen wird, die sich in bedeutender Entfernung von Stationen oder Blitzableitern befindet, so pflegt der Blitzstrahl, statt den weiten Weg zu verfolgen, sich auf die durch den Regen durchnäßten Tragstangen zu vertheilen, wobei er diese oft stark beschädigt. Als man früher sich der dünneren Kupferdrähte bediente, sind dieselben durch Blitze selbst auf längere Strecken geschmolzen. Die gegenwärtigen dickeren Eisendrähte unterliegen dieser Gefahr weniger.

Die Aufgabe des telegraphischen Blitzableiters, welcher freilich mit einem gewöhnlichen Blitzableiter fast nur dem Namen nach übereinstimmt, besteht darin, nur allein der atmosphärischen Elektrizität, nicht aber dem galvanischen Strom der Leitung einen Abfluß in die Erde darzubieten. Die Lösung dieser eigenthümlichen Aufgabe

beruht auf dem ungeheuer großen Unterschiede in der Spannung dieser Ströme; denn während der galvanische Strom nicht auf die kleinste Entfernung von einem Leiter auf einen anderen überzugehen vermag, ist dagegen der Strom der atmosphärischen Elektrizität sehr geneigt, und befähigt durch Ueberspringen sich einen abgekürzten Weg auszuwählen.

Um die Idee des telegraphischen Blitzableiters in der einfachsten Form zu haben, denke man sich nach Fig. 30 zwei Leitungen, in welche auf einer Station die zu den Apparaten c führende Drahtleitung dd eingeschaltet ist. Die Enden von a und b laufen in feine Spitzen aus, in deren nächster Nähe, jedoch ohne Berührung, sich die Spitzen des Blitzableiters e befinden. Wird eine der Leitungen a oder b vom Blitze getroffen, so wählt er durch Ueberspringen in den Blitzableiter den nächsten Weg zur Erde mittelst der Erdplatte h, ohne die feinen Drahtleitungen der Apparate zu inkommodiren.

Man hat später mit besserem Erfolge statt der Spitzen ganze, auf der Oberfläche rauh gemachte, einander außerordentlich nahe liegende Platten angewandt, zur Verstärkung der Wirkung aber eine größere Anzahl Platten in der aus Fig. 31 ersichtlichen Kombination zusammengestellt. Dieser Blitzableiter besteht aus 9 über einander gelegten, durch kleine Zwischenräume von einander getrennten Eisenplatten, etwa 6 Zoll im Durchmesser haltend. Drei Säulen wie a a stehen mit der untersten (ersten), der dritten, fünften, siebenten und neunten (obersten) Platte, die sie zugleich tragen, in metallischer Verbindung, zugleich aber auch durch b und c mit der Erde; während der galvanische Strom der Leitung seinen Weg durch die isolirt angebrachten Platten 2, 4, 6 und 8 zu nehmen angewiesen ist. Ein solcher Blitzableiter genügt für beide Leitungen, wenn man den Strom der einen durch die Platten 6 und 8, also die Drähte d und e, den der anderen durch die Platten 2 und 4, also die Drähte n und i, leitet, wie es die Zeichnung andeutet. Es muß also von jeder Seite der Leitungsstrom zuerst durch den Blitzableiter gehen. Seinen Platz findet der Blitzableiter unter einer Glasglocke auf dem Tisch neben den übrigen Apparaten.

Nach Einführung der Blitzableiter zeigten sich die Gefahren für die Apparate fast vollständig gehoben, indessen ereigneten sich bei

starken Gewittern doch noch Fälle, wo sich die nachtheiligen Wirkungen auf den der Leitung nächsten Apparat, das Galvanometer, erstreckte. Man hat sich daher, zu größerer Sicherheit, auf vielen Stationen veranlaßt gesehen zwischen dem Blitzableiter und den Apparaten noch einen Widerstand in Gestalt einer Rolle von feinem Neusilberdraht anzubringen. Diese Sicherung, welche übrigens nur bei starken Gewittern eingeschaltet wird, hat sich vollkommen bewährt, und so häufig auch die Telegraphenleitungen vom Blitz getroffen werden, hat sich an den mit solchen Widerstandsrollen versehenen Apparaten die Schmelzung nie über diese Rollen hinaus erstreckt, so daß die Apparate stets unbeschädigt blieben.

Es existiren außer dem hier beschriebenen noch eine Menge andere Blitzableiter, unter denen der von Kerkhoff vielfache Anwendung findet.

Das Gegen- und Doppelsprechen.

Das sowohl praktisch wie wissenschaftlich höchst interessante Problem des gleichzeitigen Telegraphirens in entgegengesetzter Richtung auf einem und demselben Leitungsdraht, welches früher als unlösbar betrachtet wurde, weil es undenkbar sei, daß sich zwei Ströme in demselben Leiter in entgegengesetzter Richtung fortbewegen könnten, wurde zuerst von Gintl in Wien gelöst, dessen Verfahren bald darauf von Frischen in Hannover, sowie später von Siemens und Halske wesentlich verbessert wurde. Zur Erläuterung diene die Skizze Fig. 32.

Es seien A und B die beiden korrespondirenden Stationen; a und a' die Galvanometer, b und b' die Elektromagnete der Relais, d und d' zwei andere Galvanometer, e und e' die Rückkontaktambose, g und g' die Vorkontaktambose der Schlüssel f und f', so daß beim Sprechen f und g oder f' und g', in der Ruhe, dagegen f und e oder f' und e' in Berührung sind; h und h' die Batterie; i und i' die Erdplatten, k und k' Rheostaten, nämlich Widerstandsrollen von dünnem Neusilberdraht, deren wirksames Stück man beliebig verkürzen kann, um dem Strom einen Widerstand von beliebig größerer oder geringerer Stärke entgegenzusetzen.

Man ersieht nun zunächst aus der Zeichnung, daß zwar nur eine Drahtleitung l die beiden Stationen verbindet, daß aber auf

den Stationen selbst zwei Drahtleitungen vorhanden sind, deren eine in der Zeichnung durch eine ausgezogene, die andere durch eine punktirte Linie angedeutet ist; nicht minder ersieht man, wie diese beiden Drähte sowohl die Relaismagnete b und b', als auch die Galvanometer a und a' in entgegengesetzter Richtung der Windungen umkreisen. Ein von dem Schlüssel f oder f' herkommender Strom durchläuft zuerst die gewöhnlichen Galvanometer d oder d', erleidet nun aber im Punkte c eine Spaltung und theilt sich in zwei getrennte Ströme, welche das Relais b oder b' und ebenso das Galvanometer a oder a' in entgegengesetzter Richtung durchlaufen, und deren einer seinen Weg durch die Linienleitung l nach der anderen Station, der andere dagegen seinen Weg durch den Rheostaten k nach dem — Pol der Batterie zurück nimmt. Gesetzt nun, diese Spaltung des Stromes geschehe zu gleichen Theilen, es gehe also genau die Hälfte durch den ausgezogenen, die Hälfte durch den punktirten Draht, so wird sich sowohl im Relais als im Galvanometer a die Wirkung zweier gleich starken, aber entgegengesetzt laufenden Ströme das Gleichgewicht halten; es wird also sowohl das Relais als das Galvanometer, trotz der Umkreisung von zwei (getrennten) Strömen, in Ruhe bleiben, wie wenn gar kein Strom vorhanden wäre. Zum Zweck dieser Halbirung des Stromes sind die Rheostate k und k' in die ausgezogene Leitung eingeschaltet, denn es ist nun mittelst ihrer Widerstandsrollen ein Leichtes die Stromstärke so abzuschwächen, daß der Widerstand in der ausgezogenen Leitung mit jenem der punktirten Linienleitung genau übereinstimmt, daß also der Strom wirklich in zwei gleiche Hälften getheilt ist. Als Erkennungszeichen dienen die Galvanometer a und a', welche bei richtig getroffener Halbirung auf Null einspielen müssen.

Es können nun bei gleichzeitigem Gegensprechen die folgenden Fälle eintreten: Erster Fall (in die Zeichnung aufgenommen). B drückt seinen Schlüssel an, verbindet also g und f, um in A einen Punkt zu machen, während in demselben Augenblick der Schlüssel von A gehoben ist, um in B einen freien Zwischenraum zu geben. Der von dem + Pol der Batterie h ausgehende Strom nimmt nun seinen Weg durch den Schlüssel nach d, spaltet sich in c in zwei gleiche Hälften, deren eine durch den Rheostat k und die Drähte

x und y zurückkehrt, während die andere nach A wandert, dort das Galvanometer und Relais (welche jetzt nur einen Strom empfangen) in Thätigkeit setzt, also den bezweckten Punkt macht, und durch c′, d′, den Rückkontakt des Schlüssels, also f′ e′, in die Erdplatte i′ und so durch die Erde und die Erdplatte i zum — Pol der Batterie zurückkehrt. Da bei diesem Vorgange das Relais in B, weil von zwei gleichen Strömen entgegengesetzt umkreist, in Ruhe bleibt, so ruht auch der Schreibapparat, und es entsteht auf dem Papier der bezweckte Zwischenraum.

Zweiter Fall. Die Schlüssel beider Stationen sind angedrückt, um beide Schrift zu geben, sei es Punkt oder Strich. Dadurch kommen beide Batterien in die Leitung, welche also einen Strom von doppelter Stärke erhält. Da aber der Rheostat k nur mit der einen Batterie h in Verbindung steht, so empfängt der ausgezogene Draht wie sonst nur den halben Strom einer Batterie; dasselbe geschieht auf der Station A. Wenn somit auf jeder Station die halbe Wirkung einer Batterie (durch die Rückleitung mittelst des Rheostats) verloren geht, so bleiben noch zwei halbe Wirkungen, welche sich zu einer ganzen addiren; und es empfängt die Linienleitung l, folglich die mit ihr ein Kontinuum bildende punktirte Leitung, einen Stromg leich dem einer Batterie. Da aber in der ausgezogenen Leitung, wie gezeigt, nur eine halbe Batterie wirkt, so sind die Ströme in den die Relais umgebenden entgegengesetzten Drahtwindungen ungleich, der stärkere überwindet den schwächeren und bringt auf beiden Stationen die Relais, somit die Schreibapparate, in Thätigkeit.

Dritter Fall. B wolle einen Punkt, A einen Strich machen. Dieser Fall setzt sich aus den vorhergehenden zusammen und unterscheidet sich von dem zweiten Fall nur dadurch, daß der Schlüssel in B früher geöffnet wird als in A, daß folglich der im ersten Momente obwaltende Fall 2 sich nach Oeffnung des Schlüssels in Fall 1 verwandelt.

Man ersieht aus dieser Darlegung, daß, unter der angenommenen Voraussetzung übereinstimmender Anordnung beider Batterien, die Annahme zweier entgegengesetzten Ströme in derselben Leitung durchaus nicht nöthig ist, denn es empfängt die Leitung entweder (bei einseitigem Arbeiten) den Strom einer halben Batterie, oder

(bei beiderseitigem Arbeiten) einen Strom = zwei halben oder einer ganzen Batterie.

Man kann aber auch die Batterien in entgegengesetzter Richtung anordnen, so daß sie einander die + oder die — Pole zuwenden. In diesem Fall ist der Strom in der Leitung bei gleichzeitigem Arbeiten = 0, es ist also gar kein Strom in der Leitung, aber jede der Batterien sendet doch noch ihren halben Strom durch den ausgezogenen Draht und macht dadurch ihr eigenes Relais arbeiten.

Bei allem auf die Lösung des Problems verwendeten Scharfsinn scheint doch das Gegensprechen bisher nur beschränkte Anwendung, wie z. B. zwischen Amsterdam und Rotterdam, gefunden zu haben, weil mehrere mit seiner Ausübung verbundene Unbequemlichkeiten sich seiner allgemeinen Anwendung entgegensetzen. So kostet namentlich das häufig vorzunehmende genaue Halbiren des Stromes mittelst des Rheostates und Galvanometers so viele Zeit, daß darüber der Vortheil des Gegensprechens stark zusammenschrumpft.

Auch das schwierigere Problem des Doppelsprechens, d. h. der Versendung zweier oder mehrerer Depeschen gleichzeitig auf einer und derselben Leitung, wurde bereits von Gintl, Stark, Bernstein und Anderen insoweit glücklich gelöst, als wenigstens die Möglichkeit nachgewiesen ist; doch sind die Schwierigkeiten der praktischen Ausführung, die sich immer auf die Anwendung verschiedener Ströme von ungleicher Stärke gründen, zu groß, um eine ernste Anwendung des Doppelsprechens für jetzt hoffen zu lassen.

Einleitung einer telegraphischen Korrespondenz.

Soll auf einer Telegraphenlinie eine Depesche versandt werden, so muß sich zuvörderst der Telegraphist überzeugen, daß nicht auf derselben Linie bereits anderweitig telegraphirt wird, wobei jedoch zu bemerken ist, daß sehr wohl verschiedene Theile einer großen Linie gleichzeitig mit einander korrespondiren können; so würde auf der Linie Berlin-Minden sehr gut gleichzeitig Berlin mit Potsdam, Magdeburg mit Braunschweig und Hannover mit Minden korrespondiren können. Hat sich der Telegraphist aus dem ruhigen Stande seines Galvanometers überzeugt, daß auf der Leitung, die er zu benutzen beabsichtigt, nicht schon anderweitig telegraphirt wird, so

beginnt er damit, die Station, für welche seine Depesche bestimmt ist, zu rufen, indem er den Anfangsbuchstaben ihres Namens mehrmal telegraphirt. Sämmtliche Apparate der Linie beginnen nun zu arbeiten und den telegraphirten Buchstaben durch das klappernde Geräusch des Schreibapparates, als welchen wir einen Morse voraussetzen, auszusprechen. Nur der Telegraphist der gerufenen Station, der mit geübtem Ohr seinen Buchstaben sofort erkennt, setzt seinen Apparat zum Empfang in Thätigkeit, indem er das Uhrwerk anläßt, wogegen die übrigen Stationen sich um die Depesche nicht kümmern, auch wohl während der Dauer der Depesche ihre Schreibapparate (nicht die Galvanometer) ausschalten. Zugleich antwortet die gerufene Station durch ein mehrmaliges i (d. h. „ich bin bereit") und seinen Anfangsbuchstaben. Hierauf macht die sprechende Station eine längere Reihe von Punkten, um den Telegraphisten der empfangenden Station in Stand zu setzen die mehr oder weniger gut der augenblicklich obwaltenden Stromstärke entsprechende Stellung seiner Relais zu erkennen, und nöthigenfalls durch stärkeres Anspannen oder Nachlassen der Spannfeder nachzuhelfen. Es wird hierauf der Buchstab der gerufenen und der sprechenden Station gemacht und schließlich die Depesche gegeben. Zum Beispiel, es gehe eine Depesche von Berlin nach Warschau.

Der Ruf: .—— .—— .—— .—— .—— (W)
Antwort: .. ..—— (Ich bin bereit W)
Punktirung: ....—— —... (W B)
Depesche: —.. .. . ..—. .—. .— —. ——.. ——— ... . —.
d i e f r a n z o s e n

... .. —. —.. .. —. —.—. .. ...— .. — .— ...— . ———— .. .—
s i n d i n c i v i t a v e ch i a

——. . .—.. .— —. —.. . — ......
g e l a n d e t .

Unterseeische Telegraphie.

Die im Jahr 1847 von Wheatstone angeregte Idee der submarinen Leitungen mußte schon aus dem Grunde sich der Verwirklichung entziehen, weil die Drahtleitung nothwendig mit einem biegsamen, gut isolirenden Ueberzuge bedeckt werden mußte, ein solcher aber damals nur im Kautschuk bekannt war. Die Eigenschaften dieses letzteren gestatteten aber nicht es zu einer bildsamen Masse

zu erweichen, weßhalb seine Anwendung nur in der Gestalt bandförmiger Streifen stattfinden konnte, die man um den Kupferdraht legen und mit Benutzung der Klebrigkeit des Kautschuks zusammenkleben mußte — ein Verfahren, das nicht nur sehr mühsam, sondern auch wenig geeignet war eine vollständige Isolirung zu sichern. Erst durch das Aufblühen der Guttapercha-Industrie fand sich ein in jeder Beziehung geeigneter Stoff, der theils durch sein ausgezeichnetes Isolirungsvermögen, theils durch die Eigenschaft sich zur plastischen Konsistenz erweichen und mit größter Leichtigkeit als dichtschließender, ein vollkommenes Kontinuum bildender Ueberzug auf dem Drahte anbringen zu lassen, endlich auch seiner Biegsamkeit wegen nichts zu wünschen übrig ließ.

Als erster, wirklich ausgeführter Versuch ist der am 10. Januar 1849 von Walker im Hafen von Folkstone angestellte zu registriren, wobei sich auf einer zwischen einem Dampfschiffe und dem Lande ins Meer versenkten Drahtleitung von 3600 Fuß Länge ohne mindeste Schwierigkeit telegraphiren ließ.

Durch das glänzende Resultat dieses Versuches aufgemuntert, unternahm es Brett eine unterseeische Leitung zwischen England und Frankreich auszuführen, die auch im August 1850 vermittelst eines 30 engl. Meilen langen, einfach mit Guttapercha überzogenen Kupferdrahtes zur Ausführung kam. Nachdem die im Ganzen etwa die Dicke eines kleinen Fingers haltende Leitung mehrere Tage hindurch völlig befriedigend gearbeitet hatte, zerriß sie, wahrscheinlich durch Reibung an einer scharfen Klippe. Es wurde nun sofort zu einem stärkeren, mit getheertem Hanf und darüber mit starkem Eisendraht bewundenen Kabel übergegangen. Dieses Kabel enthielt vier Kupferdrähte von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke, jeden mit einer doppelten Lage Guttapercha umgeben, alle vier zu einem Quadrat von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll zusammengelegt, dann mit Hanf und einer Mischung von Theer und Talg zu einem 1 Zoll dicken Tau verarbeitet und mit 10 Drähten galvanisirten Eisens von $\frac{1}{3}$ Zoll Dicke spiralförmig umwunden. Es hat sich seit der im September 1851 ausgeführten Legung lange Jahre trefflich erhalten.

Den so gelungenen Anfängen folgte eine Menge anderer submariner Leitungen; zunächst eine solche von Dover nach Ostende, dann eine dritte nach dem Haag, eine vierte nach Ostfriesland. Im Jahr 1857 gelang die unter Brett's Leitung vollführte Kabel-

legung im Mittelmeer zwischen Frankreich und Algier; immer weiter verbreitete sich das Kabelnetz im Mittelmeer durch die Leitungen von Sardinien nach Malta, von hier nach Korfu, so wie zwischen Malta und Alexandria.

Ohne auf ein Verzeichniß der vielen, in der That fast unzählbaren unterseeischen Leitungen, die seit jener Zeit in Europa und Amerika, so wie auch, obwohl in kleinerer Zahl, in den anderen Welttheilen zu Stande gebracht worden sind, näher eingehen zu können, wenden wir uns sogleich zu dem riesenhaften Unternehmen der

transatlantischen Telegraphie.

Die Ehre diese gigantische Idee mit unermüdlichem Eifer verfolgt und aller Schwierigkeiten ungeachtet glänzend verwirklicht zu haben, gebührt dem Amerikaner Cyrus Field, auf dessen Veranlassung sich am 6. November 1856 eine Kompagnie mit einem Kapital von 350,000 Pfd. St. bildete. Nachdem auch von Seiten der amerikanischen und englischen Regierung bedeutende Unterstützungen und Erleichterungen zugestanden waren, schritt man zunächst zu mehrfachen Sondirungen und Tiefmessungen zwischen den ausgewählten Punkten in Irland und Neufundland, welche als Maximum an einer Stelle eine Tiefe von 14400 Fuß, also etwa $^6/_{10}$ Meile, und außerdem einen, der Kabellegung günstigen, zum großen Theil ein Plateau bildenden Meeresboden ergaben.

Nach Beseitigung der Vorfragen begann die Anfertigung des Kabels. Dasselbe enthielt in der Mitte einen Leitungsstrang von 7 etwa $^1/_3$ Linie dicken Kupferdrähten, welche dicht zusammenliegend eine dreifache Guttapercha-Umhüllung von zusammen $^1/_8$ Zoll Dicke erhielten. Diesen Strang umgab eine dünne Lage von tauartig zusammengedrehtem getheertem Hanf und diese endlich die äußere Eisendrahtumspinnung, zu welcher der Biegsamkeit wegen zusammengewundene Litzen aus dünnem Eisendraht angewendet wurden. 18 solche Litzen, jede aus 7 Drähten von $^1/_8$ Linie Durchmesser wurden in fest aneinander liegenden steilen Schraubenwindungen um den Kern des Kabels gewunden. Die Dicke des ganzen Kabels betrug nur $^3/_4$ Zoll. Außer diesem Tiefkabel wurden für die Strecken nahe den Küsten bedeutend stärkere Küstenkabel angefertigt. Die am 6. August 1857 begonnene Auslegung scheiterte bekanntlich durch das Reißen des Kabels in 274 engl. Meilen Entfernung von der irischen Küste.

Ohne sich durch den ersten mißlungenen Versuch beirren zu lassen, schritt die Gesellschaft sofort zu einer Wiederholung und ließ zu dem Ende ein neues Kabel anfertigen, das schon im Sommer des folgenden Jahres 1858 gelegt wurde und auch glücklich zur Ausführung gelangte. Ob aber jemals ein wirkliches Telegraphiren vermittelst desselben ermöglicht sei, ist niemals vollständig aufgeklärt und von vielen Seiten stark bezweifelt worden. Jedenfalls wurde es nie dem Publikum zur Benutzung übergeben, und im Oktober, nachdem man durch kolossale Batterien und Induktionsapparate dem Leichnam Leben einzuflößen vergeblich versucht hatte, mußte das kostbare Unternehmen abermals als gescheitert angesehen werden. Als wahrscheinlichste, früher nie recht aufgeklärte, Ursache des Mißlingens hat sich späteren Erfahrungen zufolge gerade die Anwendung zu starker Ströme herausgestellt, wodurch die isolirende Guttaperchahülle beschädigt wurde.

Daß sich nach so schweren Verlusten eine große Entmuthigung der Unternehmer bemächtigte und das Projekt einstweilen in Stockung gerieth, zu welcher die in Ostindien ausgebrochenen Kriege das ihrige beitragen mochten, ist leicht begreiflich. Aber gleichwohl ward der Plan zu einem neuen Versuche beharrlich verfolgt, und schon zu Anfang des Jahres 1864 betrug die wieder gezeichnete Summe 285,000 Pf. St., so daß man zur Herbeischaffung eines neuen Kabels schreiten konnte, dessen Anfertigung das Haus Glaß, Elliot und Komp. im Verein mit der Guttaperche-Kompagnie unter der neuen Firma „Telegraph Construction and Maintenance Company“ gegen den Preis von 700,000 Pf. St. übernahm.

Das Tiefseekabel von 1865, dessen Konstruktion mit unbedeutender Abänderung auch bei dem später (1866) gelegten beibehalten ist, enthält wie die früheren 7 dünne, dicht an einander liegende Kupferdrähte von $^1/_8$ Linie Durchmesser eines sehr reinen, auf seine Leitungsfähigkeit sorgfältigst geprüften Kupfers. Man tränkte dieses 2 Linien dicke, etwas gedrehte Kupferseil zunächst mit dem sogenannten Chatterton-Compound, einer aus Guttaperche, Holztheer und Harz bestehenden dickflüssigen Mischung, und gab dann durch Umpressung die erste Lage Guttaperche, wobei mit größter Sorgfalt dahin getrachtet wurde das Kupferseil genau in der Mitte zu erhalten. Es folgte dann wieder eine dünne Lage Chatterton-

Compound, dann wieder Guttapercha, bis von jeder Substanz vier Lagen genau konzentrisch angebracht waren. In diesem Zustande wurde das Seil, natürlich nicht in einem Stück, sondern in mehreren getrennten Theilen, den strengsten Prüfungen auf seine Isolirung unterworfen, dann mit einem Ueberzuge von Jute, der man durch Behandlung mit Katechu eine Art Gerbung ertheilt hatte, bedeckt und schließlich mit der äußeren schützenden Hülle versehen. Diese wurde aus Seilen gebildet, die aus fünf Strängen Manillahanf und einem in der Mitte liegenden, 2½ Millimeter dicken Draht eines vorzüglich guten, zähen, stahlartigen Eisens bestanden. Zehn (beim Kabel von 1866 neun) solche, etwa ¼ Zoll starke Seile bildeten, in lang gestreckten Windungen um den Kern gewunden, das Tiefseekabel von 1⅛ Zoll Durchmesser. Die viel stärkeren, 2½ Zoll dicken Küstenkabel waren mit dem Tiefseekabel übereinstimmend, erhielten aber über diesem noch eine dicke Lage Manillahanf und äußerlich eine Umwindung von zwölf Eisenlitzen, jede aus drei dicken, ¼ Zoll starken galvanisirten Eisendrähten bestehend. Fig. 33 (Taf. 134) ist ein Durchschnitt, Fig. 34 eine Ansicht des Kabels von 1866, am einen Ende aufgetrennt; Fig. 35 ein Durchschnitt des Küstenkabels von 1866, welches statt der neun dünnen Drähte zwölf dicke Drähte von ½ Zoll Durchmesser enthält.

Die mit der äußersten Sorgfalt geleitete Anfertigung des 2300 Seemeilen oder 513 preuß. Meilen langen Kabels war am 10. Juni 1865 beendigt und die Legung, bei welcher zum erstenmale der „Great Eastern“ benutzt wurde, konnte schon am 22. Juli beginnen. Aber auch diesem mit so unsäglichen Mühen und Sorgen bis dahin durchgeführten Unternehmen war dasselbe Schicksal beschieden wie seinen Vorgängern. Nachdem bereits 1213 (engl.) Meilen Kabel glücklich versenkt waren, verursachte ein heftiger Ruck, durch das Herausspringen des Kabels aus der Leitrolle herbeigeführt, das Zerreißen desselben. Dreimal gelang es, das Kabel aus einer Tiefe von 7700 Fuß vom Meeresboden wieder aufzufischen, aber ebenso vielemale ging es wieder verloren, da man schon nahe daran war es an Bord zu bringen, und abermals mußte die kleine Flottille, nachdem alle disponibeln Mittel zur Wiedererlangung des verlorenen Kabels erschöpft waren, die Rückreise antreten.

Aber die trotz des mehrmaligen Mißlingens gewonnene Ueber-

zeugung, daß dem Telegraphiren durch die tiefste Meerestiefe nichts im Wege stehe, sowie die zu Tage liegende Thatsache, daß nur die mangelhaften Vorrichtungen zum Versenken die Schuld des Unglücks trugen, ermuthigte die Gesellschaft zu einem nochmaligen vierten Versuche, bei welchem alle bis dahin gesammelten Erfahrungen aufs sorgfältigste benutzt werden konnten und besonders die Versenkungsmaschinen wesentliche Verbesserungen erfuhren.

Dieser vierte, mit einem dem vorigen bis auf unbedeutende Abweichungen gleich konstruirten Kabel ausgeführte Versuch begann am 13. Juli 1866 von der Foilhummerumbay an der Westküste Irlands aus und ging ohne irgend erhebliche Störungen so glücklich von statten, daß am 27. Juli bereits das Küstenkabel in der Heart's Content-Bay in Newfoundland gelandet werden konnte.

Die Isolirung, die schon während der Legung durch die fortgesetzte Korrespondenz mit Irland sich als vorzüglich erwiesen hatte, ließ auch nach völlig beendeten Versenkungsarbeiten nichts zu wünschen übrig, die Korrespondenz ging trefflich von statten, und die Flotille konnte nach wenigen Tagen wieder in See gehen, um die noch übrige schwierigere Aufgabe, das Kabel von 1865 wieder aufzufischen, zu beginnen. Auch dies gelang nach wiederholten fruchtlosen Bemühungen endlich; man verband das wieder ans Tageslicht gebrachte Ende mit einem neuen Stück und brachte auch dieses glücklich nach Newfoundland über, so daß jetzt zwei vollkommen gesunde Kabel der Telegraphie übergeben werden konnten, die auch bis jetzt (Dezember 1867) ihren Dienst aufs befriedigendste verrichten.

Die Länge des Kabels von 1865 beträgt 423, jene des Kabels von 1866 dagegen 389 preuß. Meilen.

Die Stromverhältnisse der atlantischen Kabel. Sowohl die außerordentliche Länge, wie auch die eigenthümliche Lagerung der Kupferader inmitten einer leitenden Hülle bedingen eigenthümliche, das Signalisiren erschwerende Erscheinungen, welche einer Betrachtung noch zu unterziehen sind.

Wenn man sich eine galvanische Batterie als Elektrisirmaschine vorstellt, so vertritt die Kupferader des Kabels die Stelle des Konduktors, und sowie die Maschine eine gewisse Zeit braucht um die zur Ladung des Konduktors erforderliche Elektrizität zu entwickeln,

ist dies auch bei einer galvanischen Batterie und um so mehr der Fall, wenn der Konduktor, nämlich die Kupferader der Leitung, eine so kolossale Größe besitzt. Wird nämlich ein völlig isolirter Leiter, z. B. der Kupferstrang des Kabels a, Fig. 36, am einen Ende durch Berührung der Knöpfe c und e mit dem einen, z. B. dem + Pole einer Batterie, deren anderer — Pol jedoch mit der Erde in Verbindung stehen muß, in Verbindung gebracht, so verbreitet sich die positive Elektrizität auf den Draht und bewirkt, genau wie bei dem Konduktor einer Elektrisirmaschine, die Ladung desselben, freilich mit dem Unterschiede, daß wegen der so ungemein geringen Intensität weder Funken noch andere bei der Elektrisirmaschine auftretende Erscheinungen zu bemerken sind. Das Einströmen aber in den Draht kann durch ein zwischen ihm und die Batterie eingeschaltetes Galvanometer b sehr gut beobachtet werden, dessen Nadel im ersten Momente stark, nach und nach aber, sowie die Ladung sich dem (der Stärke der Batterie entsprechenden) Maximum nähert, schwächer abweicht und schließlich bei vollendeter Ladung, wegen des nun aufhörenden Einströmens, auf Null nämlich, die normale Stellung zurückkehrt. Es verstreicht während der Ladung zum Maximum eine zwar sehr kleine, aber doch meßbare Zeit.

Wird hierauf, durch Berührung des vorderen Drahtendes c mit dem Knopfe d, dem Draht eine Leitung zur Erde dargeboten, so strömt die in ihm angesammelte Elektrizität in die Erde ab, erregt dabei also einen dem vorhergehenden entgegengesetzten Entladungs- oder Rückstrom, der das Galvanometer nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen macht, bis es nach sehr kurzer, obwohl doch meßbarer, Zeit zur Ruhelage zurückkehrt.

Anders gestaltet sich der Vorgang, wenn das hintere Ende des Drahtes mit der Erde in leitende Verbindung gelangt. Auch hier müssen die vorderen Theile des Drahtes bis zu einem gewissen Grade geladen werden, bevor der Strom das hintere Ende erreicht, derselbe wird aber nun ununterbrochen fortdauern, solange der Abzug in die Erde ihm freisteht und die Batterie fortwirkt; und ein Galvanometer, am hinteren Ende angebracht, wird mit dem vorderen b, der gleichen Stromrichtung wegen, gleiche Ablenkung zeigen. — Würde man nun das vordere Ende, also den Knopf c, von der Batterie e trennen, so würde das Galvanometer b in

Folge der Stromunterbrechung sofort in den Ruhezustand zurückkehren, das hintere dagegen während des Abströmens der noch vorhandenen Elektrizität in die Erde noch eine kurze Zeit abgelenkt verbleiben.

Bringt man nun aber, nach Aufhebung der Verbindung mit der Batterie, also in einem Momente wo sich noch Ladung in der Drahtleitung vorfindet, durch Berührung der Knöpfe c und d auch das vordere Ende des Drahtes mit der Erde in Berührung, so entledigt sich auch hier der Draht eines, und zwar des größten Theiles seiner Elektrizität durch den Rückstrom, während am hinteren Ende der Strom seine Richtung wie vorhin beibehält, und so wird aus beiden Enden des Drahtes die in ihm noch vorhandene Elektrizität, natürlich in entgegengesetzter Richtung, abströmen.

Sehr treffend vergleicht H. Siemens die Drahtleitung mit einem außerordentlich langen Schlauche aus einer elastischen Substanz, z. B. Kautschuk, bestehend, und die Batterie mit einer Kompressionspumpe, welche Luft in den Schlauch preßt. Die Luft wird hier, da sie bei ihrer Fortbewegung durch den Schlauch einen gewissen Widerstand findet, eine Stauchung erleiden, sich verdichten und somit eine Ausdehnung der elastischen Wände hervorbringen, die in der Nähe der Pumpe am stärksten, sich gegen das hintere Ende des Schlauches hin mehr und mehr vermindern wird. Würde man plötzlich das vordere Ende des Schlauches öffnen, so würde der größte Theil der Luft mit rückgängiger Bewegung hier entweichen, dagegen das Abströmen der Luft aus dem hinteren Ende noch eine Weile fortdauern. Würde nun gleich darauf das vordere Ende wieder geschlossen und die Pumpe angelassen, dann wieder auf einen kurzen Augenblick geöffnet und so mit schnell abwechselndem Pumpen und Oeffnen fortgefahren, so würde sich dieser Wechsel am hinteren Ende des Schlauches kaum bemerklich machen, es würde vielmehr ein steter Luftabfluß in gleichbleibender Richtung fortdauern.

Auf den elektrischen Strom und die Telegraphie in sehr langen Leitungen angewandt, zeigt der so eben beschriebene Vorgang, daß das gewöhnliche Verfahren, durch wechselndes Stromgeben und Stromunterbrechen zu signalisiren, bei außerordentlich langen Leitungen sehr langsam von statten gehen würde, weil bei rascher

Aufeinanderfolge der Signale auf der empfangenden Station der Wechsel zwischen Strom und Nichtstrom ausbleiben, die Nadel eines Nadeltelegraphen also oder ein Elektromagnet das verlangte Signal versagen würde. Von diesem Uebelstande sind selbst oberirdische Leitungen nicht freizusprechen, obwohl das Vorhandensein so vieler Nebenschließungen den Draht rascher in den unelektrischen Zustand zurückführt, als dieß bei der weit vollkommener isolirten Kupferader eines Kabels der Fall sein kann; es tritt aber bei Kabeln noch ein zweiter, ebenfalls die Wirkung verzögernder Einfluß, die elektrische Vertheilung ein, welche, auf einer Anziehung zwischen positiver und negativer Elektrizität beruhend, sich geltend macht, sobald sich zwei leitende Körper zu beiden Seiten eines Nichtleiters befinden, wie beim Kabel die inneren Kupfer- und die äußeren Eisendrähte zu beiden Seiten der Guttapercha. Aehnlich wie bei einer Leydener Flasche sammelt sich, sobald man dem einen der Leiter Elektrizität zuführt, auf dem anderen die entgegengesetzte Elektrizität, und es wird durch diese gegenseitige Bindung, besonders bei der so geringen Intensität der galvanischen Elektrizität, das Abströmen von beiden Leitern, wenn auch die Gelegenheit dazu sich vorfindet, verzögert. Es bedarf übrigens wohl kaum der Erwähnung, daß die Entladungsströme um so länger anhalten werden, je stärker der Draht geladen war, woraus allein schon, abgesehen von anderen Gründen, die so wichtige, früher ganz übersehene Regel folgt, bei sehr langen, besonders unterseeischen Leitungen nur mit möglichst schwachen Strömen zu arbeiten. Diesem Prinzip zufolge konnte bei der transatlantischen Telegraphie von den gewöhnlichen Methoden des Signalisirens nicht die Rede sein, und selbst die, übrigens recht empfindlichen, Nadeltelegraphen würden bei so schwachen Strömen, wie man sie zu geben beabsichtigte, nimmermehr angesprochen haben.

Unter den verschiedenen für den Dienst der atlantischen Telegraphie erfundenen und vielfach geprüften und verglichenen Apparaten hat das Reflexgalvanometer des Professors Thomson den Sieg errungen. Es ist dies ein im Prinzip mit dem Apparate, dessen sich Gauß und Weber schon 1837 bei ihren in Göttingen angestellten telegraphischen Versuchen bedienten, übereinstimmendes, aber ungemein klein und zierlich ausgeführtes Instrument.

Dasselbe besteht in einem kleinen, ½ Zoll langen, $^1/_{10}$ Zoll breiten und dicken, gut magnetisirten Stahlstäbchen, welches innerhalb einer aus vielen tausend Windungen eines gut isolirten feinen Kupferdrahtes gebildeten Spirale an einem Kokonfaden hängt. Es trägt in der Mitte einen kleinen Spiegel, der Leichtigkeit wegen von äußerst dünnem, nur $^1/_{200}$ Zoll starkem, versilbertem Glase, und beide zusammen, Magnet und Spiegel, wiegen nur $^1/_{22}$ Loth. In 3 Fuß Entfernung befindet sich eine hellbrennende Lampe innerhalb eines Blechkastens, der nur durch eine kleine spaltförmige Oeffnung einen Lichtbüschel auf den Spiegel wirft, welcher dann nach der Reflexion auf einen horizontalen weißen, mit einer feinen Theilung versehenen Maßstab fällt. Jede, auch die kleinste, Drehung des Magnets, also auch des Spiegels, wird sich durch eine sehr bedeutende Aenderung des Lichtpunktes oder Lichtzeigers auf dem Maßstab zu erkennen geben. Gesetzt, der Spiegel habe sich um 1 Grad gedreht, so folgt aus den Gesetzen der Reflexion, daß sich der Lichtschein auf dem Maßstabe um das Doppelte, also 2 Grad, verschiebt, was bei einer Entfernung des Maßstabes von 3 Fuß, 1¼ Zoll beträgt. Da sich bei weitem kleinere Bewegungen des Lichtzeigers deutlich beobachten lassen, so folgt, daß sehr kleine, noch lange nicht einen Grad betragende Drehungen des Magnets leicht und sicher zu erkennen sind. Als Beweis von der erstaunlichen Empfindlichkeit des Reflexgalvanometers, welches übrigens von Thomson in noch kleineren Dimensionen, wie den genannten, ausgeführt worden ist, so daß Magnet und Spiegel zusammen nicht mehr als $^1/_{160}$ Loth oder 1½ Gran wogen, kann folgender Versuch dienen: Der schwache Strom eines winzig kleinen galvanischen Elementes, durch Einsenken eines kleinen Zinkstückchens in einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten silbernen Fingerhut erregt, reicht hin um auf jedem der beiden atlantischen Kabel eine zwar langsame, aber vollkommen deutliche telegraphische Korrespondenz zu führen. Selbst als in Newfoundland die Enden der beiden transatlantischen Kabel verbunden wurden, der Strom also nun genöthigt war den Weg von Irland nach Newfoundland hin und zurück, also 812 preuß. Meilen durch eine Drahtleitung, zu nehmen, trat schon nach kaum einer Sekunde die Wirkung an dem Lichtzeiger der Station in Irland, von welcher aus signalisirt war, deutlich, ja so stark hervor, daß der Lichtzeiger

Ablenkungen von 12 bis 18 Zoll ergab, und man im Stande war mit einem so unendlich schwachen Strom zu telegraphiren. Für gewöhnlich dient eine weit stärkere, im Verhältniß zu den Dimensionen der Leitung aber immer noch außerordentlich schwache Batterie von 20 Daniell'schen Elementen, deren Zinkzellen nicht mit verdünnter Schwefelsäure, sondern mit Wasser gefüllt werden. Es ist also nur die aus dem Kupfervitriol frei werdende, durch die Thonzelle dringende Schwefelsäure, welche die Leitung des Stromes in der Batterie übernehmen muß.

Weit schwieriger als die Konstruktion des Empfangsapparates war die des Tasters auf der Abgangsstation, weil es sich dabei um die Aufgabe handelte, die im Vorhergehenden besprochenen so lästigen, aus den Entladungs- oder Rückströmen der Leitung hervorgehenden Verzögerungen zu bekämpfen. Das einfachste und naheliegendste Mittel kam natürlich darauf hinaus, sofort dem ersten Hauptstrom, den wir als positiv annehmen wollen, einen negativen Strom nachzuschicken, um die positive Elektrizität zu neutralisiren und so zu vernichten. Um dies sicher und schnell zu erreichen, mußte man aber dem negativen Strom eine etwas größere Stärke oder Dauer ertheilen, als sie streng genommen nöthig gewesen wäre, und so entstand wieder ein störender Rückstrom der negativen Elektrizität. Man sah sich also genöthigt zur Vernichtung dieses letzteren wieder einen kurzen + Strom zu geben, dann noch wieder einen noch kürzeren — Strom, und schließlich einen ganz kurzen + Strom. Durch lange empirische Versuche hat sich als günstigstes, dem Zweck wirklich entsprechendes Zeitverhältniß, wenn man die Dauer des ersten Hauptstromes zu 100 annimmt, das folgende ergeben. Erster + Strom 100, zweiter — Strom 156, dritter + Strom 80, vierter — Strom 32½, fünfter und letzter + Strom 26. Somit erfordert jedes Signal fünf schnell auf einander folgende besondere Ströme.

Praktisch erreicht wird diese Aufgabe durch zwei Scheiben, die eine für positive, die andere für negative Ströme, deren Peripherien aus leitenden und nichtleitenden Segmenten bestehen, von welchen die leitenden Stücke das so eben erwähnte Längenverhältniß besitzen. Werden nun die beiden auf einer und derselben Achse sitzenden, in die Leitung eingeschalteten Scheiben in Drehung gesetzt,

während bei jeder ein ebenfalls in die Leitung eingeschalteter Stift, der auf den Peripherien der Scheiben fortschleift, abwechselnd mit den längeren oder kürzeren leitenden Segmenten in Berührung tritt, so ist die verhältnißmäßige Zeitdauer und der Wechsel der einzelnen Ströme gesichert.

Es ist nun einleuchtend, daß man bei umgekehrter Reihenfolge, also zuerst mit einem negativen Strome beginnend, die Magnetnadel nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen machen, und so durch Kombination von Rechts- und Linksbewegungen, gerade wie beim Nadeltelegraphen, die Buchstaben signalisiren konnte. Man hat jedoch ein anderes Verfahren vorgezogen, wobei der Lichtzeiger stets nach einer und derselben Seite, aber in Folge stärkerer oder schwächerer (durch längere oder kürzere Dauer hervorgebrachter) Ströme bald mehr, bald weniger ausschlägt. Dabei bedient man sich derselben beim Morse'schen Alphabet gebräuchlichen Zeichen und bezeichnet einen Punkt durch eine Rechtsbewegung des Lichtzeigers um 20 Grad, einen Strich dagegen durch eine eben solche um 15 Grad. Zum Zeichengeben dienen zwei Taster, von welchen der eine Punkte, der andere Striche gibt.

Die gewöhnliche Geschwindigkeit der Scheiben beträgt 100 Umgänge in der Minute, so daß sich ebenso viele Urzeichen, Punkte oder Striche, folglich, wenn man durchschnittlich 4 Urzeichen auf einen Buchstaben rechnet, 25 Buchstaben oder 4 bis 5 Wörter in der Minute geben lassen.

Ungeachtet der bisher sehr hohen Taxe von 10 Pf. St. für jede Depesche von 20 Wörtern, und 2 Schilling für jedes Wort mehr, ist der Zudrang so groß, daß beide Kabel fast in unausgesetzter Thätigkeit bleiben und täglich 1400—1500 Depeschen wechseln. Zur Zeitersparung kommt dabei häufig ein abgekürztes Verfahren mittelst eines Signalkodex zur Anwendung. Derselbe enthält 5 Theile. Von diesen hat der erste 10 Seiten, mit Nr. 0 bis 9 numerirt, auf jeder Seite mit 10 Zeilen, von 0 bis 9 numerirt. Er gestattet somit 100 Kombinationen, seinen 100 Zeilen entsprechend, zu machen. So würde z. B. 87 auf die achte Seite und siebente Zeile deuten. Jede Zeile entspricht einem einzelnen Buchstaben, einer Ziffer, Interpunktion oder einem der sehr häufig vorkommenden Wörter. Wenn nun ein nach dem Kodex gegebenes

Signal nur zwei Ziffern enthält, so sieht man auf den ersten Blick, daß man nach dem ersten Theil des Kodex zu greifen hat.

Der zweite Theil enthält 100 Seiten, bezeichnet mit 00 bis 99; jede Seite wieder zu 10 Zeilen von 0 bis 9, enthält demnach 1000 Zeilen. Zur Bezeichnung einer Zeile sind also 3 Ziffern erforderlich, von welchen die ersten beiden die Seite, die dritte die Zeile bezeichnet. Jede Zeile entspricht einer Sylbe.

Der dritte Theil mit 1000 Seiten, bezeichnet mit 000 bis 999, jede wieder zu 10 Zeilen, enthält 10,000 auf industrielle, kommerzielle, politische Nachrichten sich beziehende kurze Sätze.

Der vierte Theil mit 10,000 Seiten, bezeichnet mit 0000 bis 9999 enthält in 100,000 Zeilen alle alphabetisch geordneten englischen Wörter.

Der fünfte Theil endlich mit 100,000 Seiten, also 1 Million Zeilen, enthält die Namen aller bekannten Orte der Welt. (Ob dieser Theil in Wirklichkeit existirt, mag dahin gestellt bleiben.)

Es läßt sich mittelst dieses Kodex jedes Wort und die größte Menge der gewöhnlichen Phrasen durch wenige Ziffern telegraphiren, und es soll sich dadurch die Geschwindigkeit der Depeschenbeförderung verdoppeln lassen.

Nach einer mit dem 1. Dezember 1867 begonnenen, gegen die frühere etwas herabgesetzten Taxe sollen auch Depeschen von 50 Buchstaben (also etwa 10 Wörtern) zu 5 Pf. St. angenommen, und dabei 5 Wörter für die Adresse frei gegeben werden.

Aufsuchung fehlerhafter Stellen in der Leitung. Wenn bei sehr langen Leitungen, zumal bei großer Entfernung der Stationen, welche unter anderen in Rußland oft 70 bis 80 Meilen beträgt, durch Drahtbrüche oder andere Beschädigungen der Leitung Störungen eintreten, die durch die gewöhnlich verhältnißmäßig geringe Zahl der Wärter nicht immer so schnell, wie wünschenswerth, aufgefunden werden, so erscheint die Aufgabe, die Stelle des Fehlers von den Stationen aus ermitteln zu können, als eine höchst wichtige. Zwar hat man in Rußland in Entfernungen von 8 bis 10 Meilen Kontrolstationen, wo vermittelst dort aufgestellter Galvanometer die Aufseher den Zustand der Leitungen beaufsichtigen und so die Fehlstelle zwischen zweien dieser Stationen, also auf eine kleinere Distanz, begrenzen; aber dennoch sucht man

außerdem mittelst eines galvanometrischen Verfahrens den Ort der Fehlstelle genauer und schneller zu ermitteln. Diese galvanometrische Bestimmung beruht auf verschiedenen Methoden, bei welchen das von Siemens und Halske erfundene Differentialgalvanometer sich besonders nützlich erweist. Es ist dieß ein Galvanometer mit zwei in entgegengesetzter Richtung gewundenen Drahtspiralen. Wenn durch diese im übrigen vollkommen gleichen Spiralen zwei Ströme von gleicher Stärke zirkuliren, so gleichen sich ihre Wirkungen aus und die Nadel des Galvanometers zeigt auf 0, als wäre gar kein Strom vorhanden. Gesetzt nun, das Instrument sei für eine Station AB von 6 Meilen Länge bestimmt, so ist es leicht eine Widerstandsrolle von feinem Neusilberdraht herzustellen, welche einen der Telegraphenleitung, solange sich dieselbe in gesundem Zustande befindet, gleichen Widerstand leistet, so daß, wenn der Strom einer Batterie gleichzeitig durch die Leitung, zum Theil durch die Widerstandsrolle zirkulirt, er sich genau in zwei gleiche Hälften theilt und das Differentialgalvanometer auf 0 bringt. Angenommen nun, es entstehe an irgendeiner Stelle der Linienleitung, z. B. in der Mitte, eine Nebenschließung, welche den Strom vollständig zur Erde ableite, so wird dadurch dieser Weg des Stromes um die Hälfte kürzer. In Folge des jetzt ungleichen Widerstandes werden die das Galvanometer umkreisenden Ströme ungleich, so daß dessen Nadel nicht mehr auf 0 einspielen kann. Man wird aber diesen Stand der Nadel wieder herstellen können, wenn man durch Anwendung einer kürzeren Widerstandsrolle von der halben Länge der vorhergehenden die Ungleichheit des Stromes ausgleicht. Ist nun ein Vorrath von Widerstandsrollen, verschiedenen Längen der Leitung entsprechend, vorhanden, so gelingt es leicht, durch Probiren diejenige zu finden, welche den Stand des Galvanometers nahezu auf 0 bringt. Gesetzt, es sei dies eine Widerstandsrolle entsprechend 4 Meilen der Leitung, so müßte sich die Stelle der Nebenschließung in dieser Entfernung finden.

Leider gehört der hier besprochene Fall einer vollkommenen Nebenschließung bei oberirdischen Leitungen zu den Seltenheiten. In den meisten Fällen wird eine Nebenschließung, z. B. durch Beschädigung eines Isolators, eine nur theilweise sein. In einem solchen Falle wird es nöthig, von beiden Stationen aus die Unter-

suchungen mit Widerstandsrollen vorzunehmen, woraus sich dann durch Berechnungen, auf welche hier nicht eingegangen werden kann, der Sitz der Fehlstelle finden läßt.

Ist ein Drahtbruch ohne Nebenschließung, ohne daß also das gerissene Ende feuchte Erde oder andere leitende Körper berührt, vorhanden, befindet sich also das Stück der Leitung bis zur Bruchstelle im isolirten Zustande, so ergibt sich dies bei Prüfung mit Widerstandsrollen dadurch, daß der Widerstand der Leitung nicht, wie vorhin, kleiner, sondern viel größer sich zeigt. In einem solchen Falle kommen andere Methoden zur Anwendung, die darauf beruhen den Draht durch Berührung mit einem Pol einer Batterie zu laden, und aus der längeren oder kürzeren dazu erforderlichen Zeit, ebenso aus der längeren oder kürzeren Zeit des Rückstromes auf die Menge der in dem zu untersuchenden Drahtende vorhandenen Elektrizität und dadurch wieder auf die Länge desselben zu schließen.

Besonders schwierig gestalten sich diese Untersuchungen bei langen unterseeischen Leitungen, weil die sich zeigenden Fehler gewöhnlich in theilweisen Nebenschließungen liegen, wie sie so leicht entstehen, wenn sich die schützende Guttaperchahülle an einzelnen kleinen Stellen an scharfen Steinen abscheuert und die Kupferader bloßlegt. Ist dagegen das Kabel gerissen, so ist zwar die kleine Berührungsfläche der gerissenen Kupferdrähte mit dem Wasser zu einer ganz vollständigen Ableitung des Stromes nicht genügend, indessen wird man doch ohne erheblichen Fehler den oben zuerst berührten Fall vollkommener Nebenschließung annehmen und mittelst der Widerstandsrollen die Entfernung des Bruches finden können.

Ohne auf diese einer kurzen Zusammenfassung widerstrebenden Untersuchungen weiter einzugehen, verweisen wir auf eine sehr ausführliche den Gegenstand betreffende Arbeit von W. Siemens in der Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins. Bd. VII. S. 195.

In Oesterreich ist das folgende, rein empirische Verfahren mit Erfolg in Anwendung: Die Wärter, deren jedem eine Strecke von etwa 4 Meilen übertragen ist, müssen zu genau bestimmten Zeiten, Morgens, Mittags und Abends, an die unterste Staatsleitung einen Draht anhängen und ihn in die Hand nehmen, während sie

einen zweiten Draht am einen Ende in die Erde stecken, am anderen Ende aber mit dem kleinen Finger in Berührung bringen. Es wird dann von den Stationen aus durch Punkte, die in einer gewissen Reihenfolge gemacht werden, und die der Mann in den Fingergelenken als schwache Schläge fühlt, zu erkennen gegeben, welche Leitung gut, welche in Berührung mit anderen, und welche etwa unterbrochen ist. Im letzten Fall wird in der unterbrochenen Leitung alle 15 Minuten das Signal „die Leitung ist unterbrochen" wiederholt, während der Wärter an der Linie vorschreitet. So erfährt er alle 15 Minuten, ob er die Unterbrechungsstelle noch vor sich oder schon hinter sich hat, denn im letzteren Falle werden die elektrischen Schläge ausbleiben.

Läutwerke der Eisenbahnen.

Man findet auf den meisten Eisenbahnen gegenwärtig die zweckmäßige Einrichtung, durch besondere, in der Nähe der Bahnwärterhäuschen aufgestellte Läutwerke die Bahnwärter einer Station von dem jedesmaligen Abgange eines Zuges zu avertiren, diese Läutwerke durch einen kurzen, auf der Abgangsstation gegebenen elektrischen Strom in Gang zu setzen, und dadurch entweder 5 oder 10 Doppelschläge zweier Glocken von verschiedenem Ton hören zu lassen. Der Mechanismus befindet sich innerhalb eines kleinen, gewöhnlich zylindrischen eisernen Häuschens, während die beiden Glocken (von Gußeisen) über dem Häuschen in freier Luft befestigt sind. Das Anschlagen der Hämmer bewirkt ein durch ein schweres Gewicht getriebenes, für gewöhnlich ruhendes Räderwerk, welches beim Anlangen des elektrischen Stromes durch einen Elektromagneten ausgelöst wird, dann seine 5 oder 10 Glockenschläge gibt und hierauf sich selbst wieder arretirt.

Früher angewandte Einrichtungen litten an dem Fehler, daß die Auslösung eines so schweren plumpen Mechanismus, wie ihn die Läutwerke erfordern, durch die geringe Kraft eines kleinen Elektromagneten nicht mit Sicherheit erfolgte, und es wurde daher von Siemens und Halske der folgende, diesem Uebelstande entzogene Mechanismus erfunden, der auch in den meisten Läutwerken in Anwendung ist. Die Grundidee dieser Erfindung besteht darin, die Auslösung des Räderwerkes durch den Fall eines ziemlich schweren

Hammers zu bewirken, den Hammer selbst aber, während er in fast vertikaler Stellung gehalten wird, durch den Elektromagneten frei zu machen, wozu eine höchst geringe Kraft hinreicht.

Fig. 37 zeigt den Apparat im Aufriß, Fig. 38 den Auslösungsmechanismus. Die Hauptwelle a trägt die durch ein Gewicht gedrehte Trommel b und das Rad c, an dessen Seiten sich 10 Daumen d d befinden. Beim Umlaufen des Rades in der durch einen Pfeil angedeuteten Richtung greifen die Daumen unter die zu beiden Seiten des Rades liegenden Hebel e e, wodurch die Glockenhämmer angezogen werden und beim Wiederloslassen jedesmal einen Schlag geben. Die Zähne des ersten Rades greifen in ein Getriebe f, dessen Welle ein Rad g enthält, welches wieder in ein mit dem Windfang h versehenes Getriebe i eingreift, um so dem Laufwerke eine gleichmäßige Geschwindigkeit zu ertheilen.

Der Auslösungsmechanismus besteht zunächst aus einem Hebel k, der, um den Punkt l drehbar, vorn einen Zahn m, und unterhalb der Trommel bei n einen Ansatz besitzt. Dieser Hebel drückt sich in Folge des vorherrschenden Gewichtes seines linken Armes o mit dem Ansatz n gegen die Trommel. Hat nun diese letztere einen Umgang vollendet, so befindet sich der in ihrem Umfang angebrachte Ausschnitt p, den man bei der in der Zeichnung angenommenen Lage der Theile oben erblickt, unten, und gestattet dem Ansatz n des Hebels, in ihn einzufallen. Bei dieser Aufwärtsbewegung des Hebels aber kommt der Zahn m in solche Höhe, daß er einem anderen, an der Welle f des zweiten Rades sitzenden Daumen q entgegentritt und damit das Laufwerk vollständig arretirt. In dieser Ruhelage verbleibt der Apparat so lange, bis der Hammer r, durch den Elektromagnet z in Freiheit gesetzt, herabfällt und durch einen kraftigen Schlag auf das Ende des Hebels die Zähne m und q außer Berührung bringt, zugleich auch den Ansatz n aus dem Ausschnitt p entfernt, und somit die Auslösung und den sofort beginnenden Lauf des Räderwerkes veranlaßt, der aber, da inzwischen der Hammer wieder an seinen Ruheplatz in die Höhe steigt, nach einmaligem Umgange der Trommel wieder in der angegebenen Art der Arretirung anheimfällt.

Es bleibt nun noch der Mechanismus zum Heben und Auslösen des Hammers r zu beschreiben. Gehalten wird der Hammer

durch den Haken s und den an dem Anker y des Elektromagneten z sitzenden Haken t. Wird der um den Punkt u drehbare Anker an der rechten Seite durch den Elektromagneten herabgezogen, so hebt sich der Haken t und läßt den Hammer herabfallen, der nun die Auslösung des Laufwerkes in der beschriebenen Art vollführt. Um sodann den Hammer wieder bis zum Eingriff der Haken s und t zu heben, dient ein an der Trommel sitzendes Exzentrikum mit einer Stange v, sowie ein zweiarmiger Winkelhebel wx. Auf den Arm x desselben wirkt die Stange des Exzentriks, während der andere w einen Zapfen enthält, der sich beim Aufsteigen unter den Stiel des Hammers legt und so die Hebung desselben vollführt. Die in der Zeichnung angenommene Lage der Theile repräsentirt den Augenblick wo das Exzentrikum seine Rechtsbewegung vollendet und den Hammer gerade gehoben hat. Bei fortgehender Drehung der Trommel bewegt sich das Exzentrikum links und bringt dabei den Winkelhebel, namentlich dessen Schenkel w, in die durch Punktirung angedeutete Lage herab, so daß er dem Hammer bei dessen nächstem Schlage nicht im Wege ist.

Daß das Laufwerk, wie jede Uhr, des Aufziehens bedarf, versteht sich wohl von selbst.

Zur Erregung des elektrischen Stromes bedient man sich auf den meisten Eisenbahnstationen eines für diesen Zweck höchst geeigneten, von Siemens und Halske konstruirten Induktionsapparates von ähnlicher, aber einfacherer Konstruktion als jener des früher S. 256 beschriebenen Apparates. Der Eisenbahnbeamte hat dabei nichts zu thun, als die Kurbel des Apparates ein paarmal umzudrehen.

Telegraphen für häuslichen Gebrauch.

Aus der großen Zahl telegraphischer Vorrichtungen für häusliche Zwecke, namentlich der Comptoir- und Hotel-Telegraphen, wollen wir nur die folgenden, durch Einfachheit sich auszeichnenden Anordnungen beschreiben, wobei wir die Absicht voraussetzen, daß dem Portier oder Kellner die Nummer des Zimmers bezeichnet werde, wo man ihn zu sprechen wünscht.

Es ist für jede Nummer ein besonderer kleiner Elektromagnet a, Fig. 39, vorhanden und vor demselben eine um einen Punkt

drehbare Nadel, deren oberer längerer Schenkel b die Nummer des Zimmers auf einem weißen Scheibchen trägt, während das untere, aus Stahl bestehende Ende c etwas magnetisirt ist. Trotz dieses schwachen Magnetismus hängt die Nadel im Ruhezustande vertikal. Kommt aber durch einen elektrischen Strom der Elektromagnet zur Thätigkeit, so zieht er das untere Ende der Nadel an, wogegen das obere sich rechts bewegt und die Nummer vor einem kleinen Fensterchen eines Tableau's erscheinen läßt. Zum Stromgeben dient ein Knopf, an einer geeigneten Stelle des Zimmers angebracht, den man nur andrücken darf, um die Leitung einer Batterie zu schließen und dadurch dem Elektromagneten einen kurzen Strom zuzuführen. In Fig. 40 sieht man den durch eine Feder c gehaltenen Knopf mit seinem Kontaktstift a, der die darunter liegende Kontaktfeder b in der Ruhelage nicht berührt, beim Andrücken des Knopfes aber die von beiden Federn ausgehenden isolirten Leitungsdrähte in Berührung bringt.

Die Anordnung eines Hotel-Telegraphen für mehrere Zimmer ergibt sich aus Fig. 41, in welcher 6 Knöpfe oder Taster in zwei Reihen je drei Zimmer in zwei verschiedenen Stockwerken repräsentiren, wogegen sich das Tableau an dem gewöhnlichen Aufenthaltsorte des Portiers oder der Kellner befinden muß. a ein Klingelwerk, b die Batterie, wozu man der langdauernden Wirkung wegen am besten eine Meidinger'sche Batterie (s. oben S. 227) von 10 oder bei vielen Zimmern selbst noch mehr Elementen benutzt. Dieselbe kann an jedem beliebigen Orte, der jedoch dem Frost nicht zugänglich sein darf, z. B. im Keller, aufgestellt sein. Es geht nun von dem einen, z. B. dem + Pole, ein isolirter, mit Guttapercha überzogener Draht c, der sich in die Drähte d und e verzweigt, nach den beiden Stockwerken und so nach den Tastern der einzelnen Zimmer, wo er mit einer der beiden Federn verbunden ist. Von den anderen Federn der Taster gehen ebenfalls isolirte Drähte nach den Drahtspiralen der entsprechenden Elektromagnete, während die von dem — Pol ausgehende Hauptleitung f zuerst nach dem Klingelwerk führt und sich von da aus nach den anderen Enden der Drahtspiralen verzweigt. Damit beim Nachlassen des Druckes auf den Taster, also beim Aufhören des elektrischen Stromes, die Nummer hinter dem Fensterchen des Tableau's so lange

verbleibe, bis eine äußere Einwirkung sie wieder zurückbringt, ist, wie schon erwähnt, das untere Ende der Nadel magnetisirt, so daß es bei Berührung mit dem Eisen des Elektromagnetes von ihm festgehalten wird, wobei der bei jedem Elektromagnete nach Unterbrechung des Stromes noch eine Weile zurückbleibende Magnetismus zur erwünschten Mitwirkung kommt. Erst durch Anziehen an einem Faden oder eine sonstige einfache Vorrichtung hat der Kellner, wenn er im Begriffe ist den verlangten Besuch abzustatten, die Nummer wieder zur Seite zu ziehen und vom Fensterchen verschwinden zu lassen.

Sicherer noch in der Wirkung und kompendiöser ist der Hotel-Telegraph von Hagendorff, Fig. 42. An ein rechtwinkelig umgebogenes starkes Eisenblech A A ist der Elektromagnet a a angeschraubt, dessen Anker in einem Stück Eisenblech b besteht, das durch eine Feder c in geringer Entfernung von dem Elektromagneten gehalten wird. Vom unteren Ende des Ankers geht ein Stift aus, dessen Bestimmung darin besteht den Haken d und somit auch die Nummer in der Ruhelage zu erhalten. Die Scheibe mit der Nummer und der Haken d d sind fest mit einander und mit der Welle e verbunden. Wird von dem der Nummer entsprechenden Zimmer durch Andrücken des Knopfes Strom gegeben, so zieht der Elektromagnet a a den Anker b an, der an ihm sitzende Stift wird unter dem Haken d weggezogen; dieser fällt herab und nimmt die Nummer mit, welche nun hinter einem Fensterchen des Tableau's zum Vorschein kommt und so lange in dieser Lage verbleibt, bis der Kellner durch einen Druck an das Stäbchen g die Nummer und den Haken in die Ruhelage zurückbringt.

Wird aber von einem Hotel- oder Comptoir-Telegraphen ein wirkliches Buchstabiren verlangt, dann verdient der oben S. 255 beschriebene magnet-elektrische Tastenapparat von Siemens und Halske jedenfalls den Vorzug vor allen anderen.

Das Klingelwerk beruht auf dem bei elektromagnetischen Apparaten schon lange bekannten Prinzip der Selbstunterbrechung und Selbstanknüpfung des Stromes. Eine schematische Darstellung dieser sonderbaren automatischen Kombination ist in Fig. 43 gegeben. a ein Elektromagnet, b der Anker desselben, der zugleich den Hammer c trägt; d eine Feder, welche den Anker vom Mag-

neten abzieht; e eine Kontaktfeder, zu welcher die Leitung führt. Befindet sich nun der Apparat in der durch die Zeichnung angedeuteten Lage, so ist die Batterie geschlossen, der Strom zirkulirt durch die Kontaktfeder e, den Anker, und geht von da um den Elektromagnet. Dieser, durch den Strom in Wirksamkeit gesetzt, zieht den Anker an und gibt durch den Hammer einen Glockenschlag. Aber durch diese Bewegung ist die Berührung des Ankers mit der Kontaktfeder aufgehoben, der Strom also unterbrochen und der Magnetismus verschwunden, weßhalb der Anker, durch die Feder d zurückgezogen, den Elektromagneten verläßt. Sobald er aber beim Rückgange die Kontaktfeder e berührt, tritt wieder Strom ein, und so dauert die selbstthätige schnelle Hin- und Herbewegung des Ankers, wobei ein unausgesetztes Klingeln erfolgt, so lange fort bis die Unterbrechung des Stromes dem Geklingel ein Ende macht, und es steht so in dem Belieben des Hotelgastes, durch kürzeres oder längeres Andrücken des Tasters ein kürzeres oder längeres Geklingel zu veranlassen, letzteres nöthigenfalls so lange fortlärmen zu lassen bis der Kellner, um Ruhe zu schaffen, sich entschließt der Anforderung Folge zu geben.

Klingel- oder Läutwerke finden auch in anderen Fällen nützliche Anwendung, wie namentlich zur Anzeige von Diebstählen. Bei all dergleichen Vorrichtungen, die sich bis ins Unendliche variiren lassen, kommt es stets darauf hinaus, irgend eine Bewegung, sei es das Oeffnen einer Thür, einer Schieblade, eines Schrankes, sei es das Hinwegnehmen eines Gegenstandes von seinem Platze, dazu zu benutzen, die Enden zweier isolirten Drähte, welche ein Klingelwerk mit den Polen einer Batterie verbinden, in Kontakt zu bringen, um so die Batterie zu schließen und die Zirkulation des Stromes herbeizuführen.

Heeren.

Tinte.

(Bd. XVIII. S. 453.)

Seit der Zeit, in welcher der Artikel Tinte in dem Hauptwerke erschien, ist, was die Zusammensetzung der schwarzen Schreibtinte anbetrifft, trotz der großen Fortschritte auf dem Gebiete der

theoretischen Chemie, so wenig Neues in wissenschaftlicher Beziehung hinzugekommen, daß die schon da ausgesprochenen Ansichten über die Natur derselben auch jetzt noch als maßgebend zu betrachten sind. Der Umstand, daß das Studium der bei Bereitung der gewöhnlichen Tinte entstehenden Verbindungen zu den schwierigsten der organischen Chemie gehört, kann als Ursache dieser Erscheinung gelten. — Andererseits aber hat die Fabrikation der Tinten überhaupt, sowohl in Folge vieler Entdeckungen in der Chemie, z. B. der Anilinfarben, als auch in Folge vieler empirischen Versuche, sehr schätzenswerthe Bereicherungen erfahren. Eine Auswahl neuerer Rezepte mag hier, nach der im Hauptwerke gewählten Reihenfolge, nachgetragen werden.

A. Schwarze Tinte.

1. Mit Galläpfelaufguß.

a) Nach Karmarsch erhält man eine gute Tinte, wenn man 18 Loth beste Galläpfel, 7 Loth arabisches Gummi und 7 Loth Eisenvitriol, Alles in gröblichem Pulver, mit 3 Pfund (96 Loth) Wasser übergießt und täglich wenigstens einmal umrührt. Nach acht Tagen ist die Tinte zum Gebrauch fertig; man zieht dann für den augenblicklichen Bedarf davon ab, fügt 1 Pfund (32 Loth) frisches Wasser hinzu und läßt so das Ganze zum weiteren Gebrauch stehen.

b) Nach Link. 84 Loth gestoßene gute Galläpfel, 30 Loth Senegalgummi, 36 Loth kupferfreier Eisenvitriol, $^{3}/_{4}$ Loth Salmiakgeist, 48 Loth Alkohol von 90° Tr. und 18 Quart (1320 Loth) Regenwasser werden in einem offenen Gefäße unter öfterem Umrühren so lange mit einander in Berührung gelassen, bis die Tinte die gewünschte Schwärze erlangt hat. Diese Tinte greift beim Gebrauche die Stahlfedern nicht an.

2. Mit Galläpfelabsud.

c) Nach Brande. Man koche 12 Loth feingestoßene Galläpfel mit 3 Quart (220 Loth) Wasser, thue dann 8 Loth krystallisirten Eisenvitriol und 8 Loth arabisches Gummi hinzu. Das Ganze bewahre man in einem (nicht metallenen) Gefäße auf und

schüttele es gelegentlich um. Nach 2 Monaten seihe man die Tinte ab und gieße sie in Flaschen.

d) Nach Ure. Man koche in einem kupfernen Gefäße von zylindrischer Form, dessen Tiefe seinem Durchmesser gleiche, 12 Pfd. zerstoßene Galläpfel 3 Stunden hindurch mit 90 Pfd. Wasser, wobei man Sorge trage, das verdampfte Wasser zu ersetzen. Hierauf gieße man die Abkochung in einen Kübel und seihe die Flüssigkeit durch ein leinenes Tuch. Dann löse man 5 Pfund Senegalgummi in einer kleinen Quantität heißen Wassers auf, und der so entstandene Schleim werde, nachdem er filtrirt ist, zu dem filtrirten Absud gethan. Endlich löse man 5 Pfd. Eisenvitriol ebenfalls in möglichst wenig Wasser auf und schütte die Lösung hinzu. Die Farbe nimmt allmählich an Schwärze zu in Folge der Oxydation des Eisens, wenn man die Tinte (in einem offenen Gefäße) dem Einflusse der Luft aussetzt. Ist eine mittelmäßig tiefe Farbe erreicht, so ziehe man sie auf Flaschen und verkorke letztere gut.

3. Alizarin-Tinte.

Alle vorstehenden Angaben über die Bereitung schwarzer Schreibtinten gehen darauf hinaus, Flüssigkeiten herzustellen, welche eine Verbindung von Eisen mit Gerbstoff und Gallussäure in höchst fein vertheiltem Zustande, durch den Zusatz von Gummi schwebend, enthalten. Diese Tinten haben das Unangenehme, daß durch Abdunsten des Wassers im offenen Tintengefäße der Gummischleim die Tinte zu sehr verdickt, daß das Absetzen der unlöslichen Eisenverbindungen doch nicht ganz verhindert und durch Oxydation des Gerbstoffes zu Gallussäure (wovon nur 1 Theil in 100 Theilen Wasser sich löst) noch mehr Absatz gebildet wird. Eine Tinte, welche diese Uebelstände nicht an sich hat, ist allgemein unter dem Namen Alizarintinte bekannt geworden und als eine wesentliche Neuerung in dem Tintenfache zu bezeichnen. Sie scheint zuerst von H. Stephens in London, dann von Leonhardi in Dresden dargestellt zu sein. Vor allen gewöhnlichen schwarzen Tinten hat sie den Vorzug einer vollkommen klaren Flüssigkeit, fließt daher leicht aus der Feder, so daß selbst die feinsten Striche bei schnellem Schreiben sichtbar werden, und dringt in das Papier ein, ohne zu löschen. Beim Gebrauch überzieht sich die Feder mit einer dünnen

glänzenden Haut, welche sich beim nachherigen Wiedereintauchen ohne weiteres wieder auflöst und daher keine Verstopfung der Feder veranlaßt, so daß ein Auswischen ziemlich überflüssig wird. Ein Uebelstand liegt zwar für Manchen in der hellgrünlich blauen Farbe, welche sie im frischen Zustande besitzt, die aber bei längerem Stehen in einem offenen Gefäße allmählich dunkler wird. Ebenso wird das damit Geschriebene erst nach einiger Zeit tief schwarz. In der Alizarintinte ist die schwarze Eisenverbindung in Indigschwefelsäure oder Essigsäure gelöst.

e) Nach Leonhardi bereitet man die Alizarintinte, indem man 42 Theile Aleppische Galläpfel und 3 Theile Krapp mit so viel Wasser warm auszieht, daß man 120 Theile Flüssigkeit erhält. Nach der Filtration fügt man 1⅕ Theile Indiglösung, 5⅕ Theile Eisenvitriol und 2 Theile holzessigsaure Eisenlösung hinzu.

f) Nach Heeren. Man koche 300 Loth Galläpfel und 21 Loth Blauholz so lange mit Wasser, bis die Galläpfel sich mit den Fingern leicht zerdrücken lassen, presse scharf aus und seihe die Flüssigkeit, welche 800 Loth betragen muß, durch feine Leinwand. Dieser Abkochung setze man 38 Loth konzentrirten Essig und 27 Loth in wenig Wasser gelösten Eisenvitriol zu. Ferner löse man 6 Loth fein geriebenen Indig in konzentrirter Schwefelsäure, neutralisire die durch Wasser verdünnte Lösung mit Kreide, filtrire von dem Gypsniederschlage ab und füge diese Indigschwefelsäure zu der obigen Flüssigkeit. Diese Tinte ist zwar theuer in der Herstellung, aber von einer tief schwarzblauen Farbe, und besitzt alle Eigenschaften einer ausgezeichneten Tinte.

g) Nach Prollius und Bley. Man bereitet auf 10 Pfund Tinte einerseits einen Auszug von 1¼ Pfund Galläpfeln mit so viel heißem Wasser, daß man nach dem Durchseihen 5 Pfd. Flüssigkeit erhält. Andererseits vermischt man ⅛ Pfund Indigpulver mit ½ Pfd. rauchender Schwefelsäure, läßt es 24 Stunden lang stehen und gießt auf die Masse 5 Pfd. Wasser. Zu dieser Lösung fügt man ¼ Pfd. Eisenfeilspäne und nach einiger Zeit ¼ Pfd. Kreidepulver. Die Kreide stumpft einen Theil der Schwefelsäure ab, während ein anderer Theil der Schwefelsäure Eisenvitriol gebildet hat. Die Lösung von Indig und Eisenvitriol wird von dem ausgeschie-

denen Gyps abfiltrirt und mit dem Galläpfelauszuge vermischt, wonach die Tinte fertig ist.

4. Aus Galläpfelsurrogaten.

Wie schon im XVIII. Bd. S. 459 bemerkt ist, hat man bei der Bereitung der Tinte — besonders in Bezug auf den hohen Preis der Galläpfel — Ersatzmittel vorgeschlagen. Dr. Normandy wendet Sumach, Ulmen=, Flieder=, Kastanien=, Buchen=, Weiden=, Eichen=, Pflaumenbaum=, Kirsch=, Pappelholz, Katechu oder jede andere holzige Materie, Beere, Frucht oder Saft aus Pflanzen an, welche Gallussäure und Gerbstoff enthält. Wenn man hieraus Tinte bereitet, so wird die Substanz zu Pulver zerstoßen oder zerquetscht und in Wasser gekocht, bis man eine genügend starke Brühe erhalten hat. Das Wasserquantum richtet sich natürlich nach dem Gehalte an wirksamen Stoffen; so wird man bei Sumach mehr Wasser nöthig haben als bei Katechu, weil sich dieses fast gänzlich auflöst. Die Lösung vermischt man nach Umständen mit Alaun, Kupfervitriol, Eisenvitriol, auch Blauholzextrakt — in Mengen, die sich ebenfalls nach der Natur des Stoffes richten, den man verwendet. Dann fügt man der Flüssigkeit so viel arabisches oder Senegal=Gummi bei, daß etwa 80 Pfund auf 300 Pfund Flüssigkeit kommen. — Wegen der höchst wandelbaren und verschiedenen Zusammensetzung der genannten Ingredienzien ist es unmöglich bestimmte Verhältnisse der Zusätze anzugeben. Auch bilden die Auszüge mit den Metallsalzen, namentlich dem Eisenvitriol, verschiedenfarbige Niederschläge, indem einige völlig grün, andere braun u. s. w. sind, während Galläpfel eine dunkle schwarze Farbe erzeugen, so daß man genöthigt ist häufig erst durch fremde Zusätze, besonders durch Indig, die Farben nach Wunsch zu verändern oder hervorzubringen.

Ein Ersatzmittel für Galläpfel, auf welches Giroud im Jahre 1855 ein Patent erhalten hat, und welches Beachtung verdient, besteht aus dem Extrakt der Rinde, des Holzes oder des Saftes des Kastanienbaums und wird Damajavag genannt. Ein Zentner Kastanienschalen ꝛc., in Stücke zerbrochen, wird in 18—20 Zentner Wasser in einem kupfernen oder andern (nur nicht eisernen) Kessel 12 Stunden lang eingeweicht und dann etwa 12 Stunden gekocht.

Nach Verlauf dieser Zeit trennt man durch ein Haarsieb das Feste von dem Flüssigen und dampft das letztere zu einer teigartigen Masse ein, welche man in Kuchen formt und bei gelinder Wärme hart austrocknet. In diesem Zustande wird das Ersatzmittel wie Galläpfel gebraucht. — 1 Zentner Rohmaterial liefert 8—10 Pfd. trockenes Extrakt.

5. Vanadintinte.

Nach Berzelius gibt vanadinsaures Ammoniak mit einer Abkochung von Galläpfeln eine schwarze Flüssigkeit, welche nach der Ansicht des Erfinders die beste Schreibtinte ist, die man nur haben kann. Die damit erzeugte Schrift ist vollkommen schwarz. Säuren löschen sie nicht aus, sondern verwandeln die Farbe nur in eine blaue. Von Alkalien wird sie nicht angegriffen, und da sie eine Lösung ist und keinen Niederschlag suspendirt enthält, so theilt sie nicht die Uebelstände derjenigen Tinten, welche Gummi enthalten.

Tintenpulver.

a) Die S. 316 unter a. angegebenen Ingredienzien liefern, in gepulvertem Zustande gemischt, ein ausgezeichnetes Tintenpulver.

b) Wenn man Alizarintinte, nach einer der oben angegebenen Vorschriften bereitet, eindampft, so erhält man eine trockene Masse, die, gepulvert, sich leicht wieder mit 6 Theilen Wasser zu Tinte auflöst und daher, für Reisende namentlich, ein höchst angenehmes Tintenpulver bildet.

c) 100 Theile Blauholzextrakt, gepulvert und vermischt mit 1 Theil doppelt chromsaurem Kali und $^1/_{10}$ Theil Indigkarmin, gibt ein Tintenpulver, aus welchem man die Chromtinte (Bd. XVIII. S. 463) mit allen ihren Eigenschaften, einfach und schnell durch Aufgießen von heißem Wasser, in dem Verhältnisse von 16 Theilen Wasser auf 1 Theil Pulver, bereiten kann.

B. Farbige Tinten.

Die Darstellung farbiger Tinten ist durch die Entdeckung der Theerfarbstoffe oder Anilinfarben sehr vereinfacht, indem man durch einfache Auflösung derselben sehr gute Tinten von satter, wenn auch nicht haltbarer Farbe erhält. Ihre spezielle Bereitung wird

unter den einzelnen Tinten angegeben werden. Auch die anderen Farbstoffe werden jedoch noch vielfach benutzt und sind mehrere neue Rezepte nachzutragen.

1. Rothe Tinte.

a) Aus Rothholz. Nach Booth. Man nimmt Brasilienholz 4 Loth, Zinnsalz 1/8 Loth, arabisches Gummi 1/4 Loth, Wasser 2 Pfund (64 Loth). Diese Bestandtheile bringt man ins Kochen und erhält sie so lange darin, bis sich die Menge der Flüssigkeit auf 1 Pfund beläuft. Darauf läßt man sie erkalten und sondert die fertige Tinte durch Filtriren von dem Rückstande.

b) Aus Kochenille. 1) Nach Stephens erhält man eine vortreffliche Tinte nach folgender Vorschrift. Man thue zu einer Quantität Pottasche, Soda oder kohlensaurem Ammoniak das doppelte Gewicht von gepulvertem rohen Weinstein. Sobald das Aufbrausen, welches durch entweichende Kohlensäure bewirkt wird, aufgehört hat, gieße man die Auflösung von dem ungelösten Stoffe ab oder filtrire sie. Hierzu füge man halb so viel oxalsaure Thonerde, die man erhält, wenn man frisch gefällte feuchte Thonerde in einer möglichst geringen Menge Kleesäure löst. Sodann färbt man die Mischung, wenn sie sich abgekühlt hat, mit gepulverter Kochenille; nach Verlauf von 48 Stunden kann sie filtrirt werden und ist zum Gebrauch fertig.

2) Nach Kindt gewinnt man eine schöne rothe Tinte, die sich Jahre lang hält, ohne zu schimmeln, wenn man 12 Loth beste, gröblich zerstoßene Kochenille in 1 Pfund (32 Loth) Wasser schüttet, in dem man 4 Loth kohlensaures Ammoniak gelöst hat. Man rührt die Flüssigkeit häufig um, filtrirt nach einer Stunde vom Bodensatze ab und fügt zu der bläulich rothen Flüssigkeit allmählich so viel von einem aus gleichen Theilen Weinstein und Alaun bestehenden Gemenge hinzu, bis der gewünschte Farbenton entstanden ist, wobei man das durch die freiwerdende Kohlensäure bei jedem Zusatz entstehende Aufbrausen vorübergehen läßt, ehe man neue Mengen von den Salzen zugibt.

c) Aus Anilinroth. Um aus diesem Farbstoff Tinte anzufertigen, nehme man 1 Loth von dem festen Anilinroth (Fuchsin, Magenta-, Solferinoroth, Azalein, Anilein), wie es jetzt im Han-

del vorkommt, übergieße es in einem emaillirten eisernen Gefäße mit 10 Loth Alkohol und lasse dasselbe drei Stunden gut bedeckt stehen. Hierauf füge man 1 Quart (73 Loth) reines Regenwasser oder (besser) destillirtes Wasser zu und erwärme das Ganze einige Stunden gelinde, bis der Spiritusgeruch nicht mehr merklich ist. Sodann fügt man eine klare Lösung von 4 Loth arabischem Gummi in 18 Loth Wasser zu und läßt die nunmehr fertige Tinte absetzen. — Da die Anilinfarben in ihrer Qualität, je nach der Bereitungsmethode, etwas verschieden sind, so thut man gut, bei einer Bereitung im Großen vorher das erforderliche Wasserquantum durch einen kleinen Versuch zu bestimmen.

d) Purpurrothe Tinte wird nach Normandy auf folgende Weise bereitet. Man schüttet auf 12 Pfund Kampecheholz (Blauholz) 120 Pfund siedendes Wasser und seiht den Aufguß durch Flanell, der in einen Trichter gelegt ist, auf 1 Pfund fein gepulverten Grünspan. Sofort fügt man 14 Pfund Alaun hinzu und $3^3/_4$ Pfund arabisches Gummi oder Senegalgummi. Das Ganze bleibt 3 bis 4 Tage stehen, nach welcher Zeit eine schöne Purpurfarbe entstanden ist.

2. Gelbe Tinte.

a) Nach Ure bereitet man eine gelbe Tinte, indem man 3 Theile Alaun in 100 Theilen Wasser löset, 25 Theile Gelbbeeren hinzufügt, die Mischung eine Stunde lang kocht, darauf durchseiht und 4 Theile arabisches Gummi darin auflöst.

b) Aus Anilingelb (Chrysanilin) stellt man auf dieselbe Weise eine gelbe Tinte dar, wie bei der rothen Tinte aus Anilinroth angegeben wurde.

c) Pikrinsäure, in Wasser gelöst und mit Gummi versetzt, ist ebenfalls in Vorschlag gebracht.

3. Grüne Tinte.

a) Nach Ohme stellt man eine grüne Tinte dar, indem man 1 Theil Gummigutt mit 8 Theilen seiner, später zu beschreibenden, blauen Tinte vermischt.

b) Ausgezeichnet schöne grüne Tinte erhält man durch Auflösen des Anilingrüns (Emeraldin) auf oben beschriebene Weise.

4. Braune Tinte.

Auf die bei Anilinroth angegebene Weise bereitet man braune Tinte aus Anilinbraun, welches als eine schwarzbraune theerartige Masse im Handel vorkommt.

5. Blaue Tinte.

a) Die schöne Farbe des Berlinerblaues, sein hoher Glanz, der angenehme Kontrast, welchen es gegen das Weiß des Papiers bildet, und die Annehmlichkeit, es vollkommen in Lösung haben zu können, machen es besonders zur Erzeugung blauer Tinte geeignet. Um jedoch eine Lösung in Kleesäure auf zweckmäßige Weise zu erhalten, bedarf das Berlinerblau einer vorläufigen Behandlung mit Säuren, welche einen Theil des Eisengehaltes ausziehen, wie in dem Hauptwerke S. 467 ausführlich angegeben ist, indem dasselbe im gewöhnlichen Zustande zwei- bis dreimal so viel Kleesäure zur Lösung bedarf und sich selbst dann noch bei längerem Stehen ausscheidet. Um diese Weitläufigkeiten zu umgehen, hat Ohme folgende Vorschrift bekannt gemacht. Man löse 1 Theil Eisen in Königswasser auf und verdünne die Lösung mit so viel Wasser, daß man 192 Th. Flüssigkeit erhält. Diese vermische man mit einer Auflösung von 12 Th. Blutlaugensalz in 192 Th. Wasser. Der dadurch entstandene Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt und so lange mit reinem Wasser gewaschen, bis das Durchlaufende eine blaue Färbung annimmt. Sobald dies geschieht, wird der Trichter mit seinem Inhalte über ein reines Gefäß gestellt, das Filter durchstochen und die blaue Mischung mit 1152 Th. Wasser abgewaschen. Diese Flüssigkeit liefert die blaue Tinte, deren Bereitung auf der Eigenschaft des Niederschlages beruht, sich in reinem Wasser und nicht in Lösungen anderer Salze aufzulösen. Diese Tinte greift die Stahlfedern nicht an, während die mittelst Kleesäure bereitete den Gebrauch der Stahlfedern mißlich macht.

b) Eine Auflösung von Indigschwefelsäure in Wasser, deren Bereitung bei der Alizarintinte bereits angegeben, kann auch als blaue Tinte dienen.

c) Auch das Anilinblau liefert, auf oben angezeigte Weise in Lösung gebracht, eine vorzüglich schöne blaue Tinte. Unter den

verschiedenen Anilinblausorten ist die unter dem Namen Pariserblau (Bleu de Paris) im Handel vorkommende, wegen ihrer leichten Lösbarkeit in Wasser, die geeignetste für vorliegenden Zweck.

6. Violette Tinte.

Auch diese Tinte kann aus dem violetten Anilinfarbstoffe (Anilinviolett, Anilinpurpur, Tyrischer Purpur, Indisin, Tyratin, Violet impérial, Reginapurpur, Mauve dye, Violet de Parme) bereitet werden, wenn man diesen auf die schon mehrfach zitirte Weise behandelt.

C. Tinten zu besonderen Zwecken.

1) Unvertilgbare oder unauslöschliche schwarze Tinte. — Welche Schwierigkeiten die Herstellung einer Schrift auf Papier bietet, die weder durch chemische noch durch mechanische Mittel entfernt werden kann, ist in dem hierüber handelnden Abschnitte des Hauptwerkes genügend dargelegt. Die Wichtigkeit des Gegenstandes bei Dokumenten 2c. hat zur weiteren Verfolgung desselben Veranlassung gegeben, so daß auch hierin einige Nachträge geliefert werden können. Außer bei der bereits oben (S. 320) angegebenen Vanadintinte von Berzelius hat man die Idee, den allen in diesem Falle anwendbaren chemischen Mitteln widerstehenden Kohlenstoff zu vorliegendem Zwecke zu benutzen, festgehalten und versucht, diesen Körper so ins Papier eindringen zu lassen, daß auch eine mechanische Beseitigung, wenn auch nicht unmöglich, so doch nur mit Hinterlassung sichtbarer Vertilgungsspuren ausführbar gemacht wird.

a) Nach Kindt erreicht man dies auf folgende Weise. Man mischt 1 Th. Honig, 14 Th. Wasser und 2 Th. englische Schwefelsäure und fügt der Mischung so viel schwefelsaure Indiglösung zu, daß die damit geschriebene Schrift hinlänglich sichtbar wird. — Hat man damit geschrieben (wobei Stahlfedern unanwendbar), so erwärmt man das Papier auf einem warmen Ofen, über Kohlenfeuer 2c. so stark, daß die Schrift vollkommen schwarz erscheint. Da hierbei durch die Konzentrirung der Schwefelsäure nicht allein der Honig, sondern auch das Papier selbst an diesen Stellen verkohlt wird, so widersteht die Schrift nicht allein allen chemisch wir-

kenden Mitteln vollständig, sondern auch dem Wegradiren in genügendem Grade. Befürchtet man bei sehr dünnem Papier eine nachträgliche Zerstörung desselben, so kann man dasselbe hinterher mit Salmiakgeist benetzen oder in einen Kasten legen, auf dessen Boden kohlensaures Ammoniak ausgebreitet ist, und einige Zeit darin liegen lassen.

b) Lukas schlägt zu demselben Zwecke eine Lösung von 20 Gran Zucker in 30 Gran Wasser mit 1 Tropfen konzentrirter Schwefelsäure vor.

2) Kopirtinte. — a) Die Alizarintinte ist ohne weitere Zusätze als Kopirtinte zu gebrauchen, weil sie die Eigenschaft besitzt, bei geringer Benetzung abzufärben.

b) Viel Rühmliches wird folgender, aus England stammender Kopirtinte nachgesagt. Man löst 4 Th. Blauholzextrakt, 1 Theil Alaun und 2 Th. Kupfervitriol in 48 Th. Regenwasser durch Kochen, und filtrirt. Das violett gefärbte Filtrat wird in verschlossenen Flaschen aufbewahrt. Die Tinte sieht beim Schreiben erst violett aus, geht aber bald in ein tiefes Blauschwarz über.

c) Die sehr geschätzte sogenannte Stark'sche Kopirtinte wird nach Ott auf folgende Weise bereitet. 64 Theile Blauholzextrakt werden mit 8 Th. Alaun, je 1 Th. Eisenvitriol und Kupfervitriol, 4 Th. Zucker und 320 Th. Wasser gekocht. Zu der durchgeseihten Abkochung wird eine Auflösung von 1 Th. einfach chromsaurem Kali in 16 Th. Wasser gegeben. Zuletzt setzt man noch 8 Theile Indigschwefelsäure (deren Bereitung siehe oben unter Alizarintinte) und 8 Th. Glyzerin zu.

d) Eine Tinte, welche im trockenen Zustande kopirt, erhält man, indem man auf 60 Th. konzentrirte Pyrogallussäurelösung 1 Th. Kupfervitriol, $2\frac{1}{2}$ Th. Eisenchlorid und $\frac{1}{2}$ Th. essigsaures Uranoxyd nimmt, alles in Lösung bringt und die tiefbraune Flüssigkeit mit Gummi verdickt. Damit gemachte Schriftzüge läßt man trocknen und legt zum Kopiren, wenn auch erst nach mehreren Wochen, gewöhnliches Papier, leicht und gleichmäßig beschwert, darauf. Nach 4 bis 8 Tagen hat man einen bis in die feinsten Details vollkommen scharfen Abdruck, den man drei- bis viermal nehmen kann. Diese Tinte kann namentlich zur Vervielfältigung von Karten und Plänen ꝛc. gute Dienste leisten.

3) Tinte zum Schreiben auf Metall. — a) Um auf Zinkblech oder anderen Zinkgegenständen zu schreiben, wird die zu beschreibende Stelle mit Sand und verdünnter Schwefelsäure blank gescheuert, und als Tinte eine Auflösung von 4 Th. schwefelsaurem Nickeloxydammoniak in 40 Th. Wasser und 1 Th. Schwefelsäure angewendet, welche mit einer Gänsefeder aufgetragen wird. Nach dem Auftragen wird der Gegenstand mit Wasser abgespült und getrocknet.

b) Auf Messing erhält man eine schwarze Schrift, wenn man mit einer Lösung von 2 Th. Arsensäure, 4 Th. Salzsäure, 80 Th. Wasser und 1 Th. Schwefelsäure, die man auf 50° C. erwärmt, schreibt, abwäscht und trocknet.

4) Zeichentinte für Wäsche. — 1) Schwarze Tinte. — a) Nach Kindt. Man löst 11 Th. Höllenstein, 22 Th. Soda, 2 Th. Saftgrün und 50 Th. arabisches Gummi in 13 Th. Wasser und 22 Th. Salmiakgeist. Die damit beschriebene oder bedruckte Leinwand wird dann mit einem heißen Plätteisen gebügelt, bis die Schrift nicht mehr an Schwärze zunimmt.

b) Nach Kuhr. Zu dieser Tinte gehört eine Präparirflüssigkeit, bestehend aus 1 Th. unterphosphorigsaurem Natron, 2 Th. arabischem Gummi und 16 Th. destillirtem Wasser, mit welcher die Leinwand getränkt wird. Die Tinte besteht aus 1 Th. Höllenstein, 6 Th. Gummischleim und 6 Th. destillirtem Wasser. Nach dem Trocknen der ersten Flüssigkeit wird die Leinwand geglättet und mit der Silberlösung beschrieben.

c) Wird die Wäsche, wie vielerorts geschieht, mit Lauge und Chlor behandelt, so verschwindet die Schrift aus Silbertinte nach und nach, weßhalb diese keineswegs den Namen unauslöschlich verdient. Dieser Name kommt jedoch, wie Kindt mittheilt, einer Flüssigkeit zu, welche in dem Samen von Anacardium orientale enthalten ist, und nach der Untersuchung von Städeler außer Ammoniak und färbenden Stoffen aus einer fetten krystallisirbaren Säure, der Anacardsäure, und einem öligen scharfen Stoffe, dem Cardol, besteht. Der in den Zellen der Schale enthaltene schwarze Saft wird durch Ausziehen mit einer weingeistigen Kalilösung erhalten und so ohne weiteres zum Zeichnen der Wäsche verwendet. In Ostindien macht man schon länger davon zu diesem

Zwecke Gebrauch. Die Anacardiumfrucht wird dort deßhalb Merknuß (marking nut) genannt. Bei uns kennt man sie unter dem Namen Elephantenlaus.

d) Nach Jacobsen kann man mittelst Anilinschwarz eine wasch-echte schwarze Zeichentinte aus einer zusammengesetzten Kupfer- und Anilinlösung nach folgender Vorschrift bereiten und anwenden.

1) Kupferlösung: 8,52 Gramm krystallisirtes Kupferchlorid, 10,65 Grm. chlorsaures Natron und 5,35 Grm. Chlorammonium werden in 60 Grm. destillirtem Wasser gelöst. 2) Anilinlösung: 20 Grm. salzsaures Anilin werden in 30 Grm. destillirtem Wasser gelöst und dazu 20 Grm. einer Lösung von arabischem Gummi (1 Th. Gummi, 2 Th. Wasser) und 10 Grm. Glyzerin gemischt. 4 Th. der Anilinlösung mit 1 Th. der Kupferlösung, in der Kälte vermengt, geben eine grünliche Flüssigkeit, welche direkt zum Zeichnen der Wäsche verwendet werden kann. Die Schrift erscheint auf dem Gewebe zuerst blaßgrün, wird aber bald an der Luft schwarz. Bei Anwendung von Wärme schwärzt sie sich aber sogleich, und man hat zu diesem Zwecke nur nöthig, die Zeichnung dicht über ein Gefäß zu halten, in welchem sich heftig siedendes Wasser befindet, weil diese Wärme zur Entstehung des Anilinschwarz hinreicht. Nach dem Dämpfen wäscht man mit schwacher Lauge, oder besser, warmem Wasser und Seife ab. Die Farbe widersteht Säuren und Laugen, nur hat man dafür zu sorgen, daß die Zeichenflüssigkeit die Fasern wirklich durchdringt, d. h. daß die Zeichnung auch auf der verkehrten Seite des Zeuges sichtbar geworden ist. Die Vermischung der beiden Flüssigkeiten darf übrigens, wegen der leichten Zersetzbarkeit, erst kurz vor dem Gebrauche stattfinden; einzeln können sie beliebig lange aufbewahrt werden.

2) Rothe. — Nach Artus erhält man eine dauerhafte rothe Zeichentinte für Wäsche, wenn man sich eine Lösung von 1 Theil trockenem Chlorplatin in 4 Th. destillirtem Wasser bereitet, mit dieser die Zeichen mittelst einer reinen Gänsefeder auf das vorher geglättete Zeug aufträgt, und die Schriftzüge, nachdem sie völlig getrocknet sind, mit einem Haarpinsel überfährt, der mit einer wässerigen Jodkaliumlösung (1 Th. Jodkalium auf 2 Th. Wasser) getränkt ist. In Folge der Bildung von Jodplatin nehmen die vorher kaum sichtbaren Züge eine schöne rothe Farbe an.

3) Purpurrothe. — Diese Zeichentinte besteht aus einer Lösung von Platinchlorid in 16 Th. destillirtem Wasser. Bevor man damit schreibt, präparirt man die Leinwand durch Tränken mit einer Auflösung von 1 Th. kohlensaurem Natron und 1 Th. arabischem Gummi in 4 Th. Wasser. Nach dem Schreiben und Trocknen überfährt man die Schriftzüge mit einer Zinnsalzlösung.

4) Blaue. — Nach Roder. Man löst 5 Gran Molybdänoxyd in Salzsäure und gießt zu dieser Auflösung 240 Gran Wasser, in welchem man 6 Gran arabisches Gummi und 2 Gran Lakritzen aufgelöst hat. Mit dieser Tinte wird auf die Wäsche geschrieben und die Schrift nach dem Trocknen mit einer Zinnchlorürlösung befeuchtet, wodurch sie eine blaue Farbe annimmt, welche verdünnten Säuren und der Seife widerstehen soll.

E. Hoyer.

Ultramarin.

(Band XIX. S. 492.)

Der ausführlichen Behandlung dieses Gegenstandes im Hauptwerk sind nur einige neuere Fabrikationsmethoden und die neueren wissenschaftlichen Forschungen über die Konstitution und Zusammensetzung der blauen Farbe nachzutragen.

Bei der gewöhnlichen Methode der Darstellung wird allgemein ein möglichst reiner, eisenfreier Thon, am besten Kaolin, mit schwefelsaurem Natron, oder kohlensaurem Natron, oder einem Gemenge von beiden, Schwefel und Kohle bei Abschluß der Luft geglüht. Die Masse wird mit Wasser ausgezogen, fein gemahlen, getrocknet, und bildet das grüne Ultramarin. Dieses wird bei schwachem Zutritt der Luft mit Schwefel erhitzt und nimmt dadurch die schöne blaue Farbe an. Nach einer anderen Methode wird das grüne Ultramarin nur bei mäßigem Zutritt der Luft gelinde erhitzt, um in die blaue Substanz verwandelt zu werden.

Die erste Methode ist ausführlich von Gentele (Dinglers Journal 142, 351), die andere von Fürstenau (Dinglers Journal 159, 63) beschrieben, deren Angaben wir das Folgende entnehmen.

Die Rohmaterialien müssen möglichst rein sein. Das Kaolin wird, wenn es nicht in bereits geschlämmtem Zustande zu beziehen

ist, mit Wasser erweicht und auf Thonmühlen geschlämmt, wie es in der Porzellanfabrikation üblich ist, um es so viel wie möglich von allem Sande zu befreien. Nach dem Trocknen wird es im Flammofen gelinde geglüht, wobei man die Temperatur höchstens bis zur Kirschrothgluth steigert, und dann fein gemahlen.

Als schwefelsaures Natron wird das kalzinirte Glaubersalz der Sodafabriken angewandt, welches fast frei von überschüssiger Schwefelsäure und Eisenoxyd zu haben ist, da es namentlich für Spiegelglashütten mit großer Sorgfalt verfertigt wird. Zeigt die Lösung des Glaubersalzes eine deutlich saure Reaktion und gibt sie auf Zusatz von Blutlaugensalzlösung eine blaue Fällung, so ist eine Reinigung erforderlich, welche man auf die Weise ausführt, daß man das rohe Glaubersalz in durch einströmenden Dampf erhitztem Wasser bis zur Sättigung löst und Kalkmilch zusetzt. Nachdem der schwefelsaure Kalk und das Eisenoxyd sich am Boden abgesetzt haben, zieht man die klare Lösung in eine Pfanne, worin man sie verdampft und dabei die niederfallenden Krystalle ausschöpft. So kann man, unter stetem Nachfüllen der Lösung, die Reinigung des Glaubersalzes leicht und ohne erhebliche Kosten bewirken.

Kohlensaures Natron kommt als kalzinirte Soda mit 95 Proz. Gehalt in genügender Reinheit im Handel vor.

Beide Salze werden durch gelindes Glühen im Flammofen vollständig entwässert und dann möglichst fein gemahlen.

Als Schwefel verwendet man den Stangenschwefel oder raffinirten Schwefel. Derselbe wird in Quetschmühlen zerdrückt, durch feine Haarsiebe gebeutelt und als staubfeines Pulver vorräthig gehalten.

Als Kohle wird Holzkohle oder ebenso gut Steinkohle verwandt. Letztere muß möglichst rein sein und darf namentlich nicht zu viel Asche enthalten. Die Holzkohlen lassen sich leicht trocken in Kugelfässern fein mahlen, die Steinkohlen werden dagegen zunächst in der Quetschmühle zerdrückt und dann in Granitmühlen einigemal mit Wasser naß gemahlen, bis sie in einen zarten Schlamm verwandelt sind, der sich leicht vom Wasser absetzt und nach dem Trocknen nur zerdrückt und gesiebt zu werden braucht.

Die Materialien werden dann in passendem Verhältnisse auf das sorgfältigste gemischt, indem man sie, in den erforderlichen

Quantitäten ausgewogen, zunächst mit Schaufeln gut durch einander mengt und sie dann mehreremal durch Siebe von mittlerer Feinheit gehen läßt. Eine noch innigere Mischung erzielt man, wenn man das Kaolin nicht mit den trockenen Salzen mischt, sondern es mit Lösungen derselben anrührt und dann das Ganze zur Trockne verdampft, schwach glüht und dann erst pulvert. Dieses Verfahren ist aber weit umständlicher und kann jedenfalls umgangen werden, wenn man sorgfältig verfährt.

Das Mischungsverhältniß der Materialien wird in den einzelnen Fabriken sehr verschieden genommen. Nach Gentele sollten dabei aber stets folgende Grundsätze maßgebend sein:

1) Es muß stets Natron als schwefelsaures oder kohlensaures Salz in hinreichender Menge in das Gemisch kommen, um die Hälfte der Kieselsäure des Kaolins sättigen zu können.

2) Es muß noch so viel Natron nebst Schwefel vorhanden sein, um eine gewisse Menge Doppel- oder Mehrfach-Schwefelnatrium zu bilden.

3) Es soll noch Schwefel und Natrium im Verhältniß von Einfach-Schwefelnatrium in der Mischung übrig bleiben, nachdem man die Menge der vorhandenen Kieselsäure und Thonerde auf die Zusammensetzung des grünen Ultramarins berechnet und dieses von der Zusammensetzung der Mischung in Abzug gebracht hat.

In den deutschen Ultramarinfabriken arbeitet man gewöhnlich ausschließlich mit schwefelsaurem Natron, welches dann keinen Zusatz von Schwefel, dagegen viel Kohle bedarf. Manche wenden Mischungen von schwefelsaurem und kohlensaurem Natron an. Die französischen Fabriken arbeiten dagegen nur mit kohlensaurem Natron, bei Anwendung geringer Mengen von Kohle und viel Schwefel.

Die nachstehenden Mischungen können als Norm für diese drei verschiedenen Verhältnisse gelten:

Wasserfreies Kaolin	100	100	100
Schwefelsaures Natron . . .	83—100	—	41
Kohlensaures Natron . . .	—	100	41
Kohle	17	12	17
Schwefel.	—	60	13.

Die erste und wesentlichste Operation ist das Glühen der Mi-

schung, um das grüne Ultramarin zu bilden. Dabei ist vor allem nothwendig, daß die Mischung die erforderliche hohe Temperatur bei möglichst verhindertem Luftzutritt erreiche, dann aber, daß diese Temperatur eine nicht zu kurze Zeit gleichmäßig erhalten bleibe und die ganze Masse durchdringe.

Um dieses erreichen zu können, bringt man die Masse in kleine zylindrische, 5—6 Zoll weite und 4—5 Zoll hohe Tiegel, welche so auf einander gestellt werden, daß der Boden des oberen dem unteren Tiegel als Deckel dient. Die Oefen sind entweder quadratisch mit seitlicher Feuerung oder rund, ähnlich wie kleine Porzellanöfen, mit mehreren rings um die Peripherie vertheilten Feuerungen. Die zu Säulen über einander gestellten Tiegel erfüllen den ganzen Ofen bis zum Gewölbe und lassen nur so viel Raum frei, um der Feuerung freien Durchzug zu gestatten.

Die Temperatur des Verglühofens soll die helle Rothglut bis zum schwachen Weißglühen erreichen. Es ist erforderlich, sich durch in einem kleinen Ofen auszuführende Probebrände über die Temperatur und die Dauer der Erhitzung zu vergewissern, da sich dafür keine bestimmte Regel geben läßt und da diese für jedes Material verschieden ist.

Von der richtigen Leitung der ersten Operation hängt der ganze Erfolg der Arbeit ab, indem nur dann, wenn diese vollkommen gelungen ist, auf ein gutes fertiges Fabrikat zu rechnen ist. Die Hitze darf dabei weder zu schwach, noch zu stark sein, sie darf weder zu lange, noch zu kurze Zeit unterhalten werden, und in der Kenntniß dieser Momente, die nur durch genügende Erfahrung zu erlangen ist, beruht das wesentlichste Geheimniß der Ultramarinfabrikation.

Nach beendigtem Verglühen läßt man die Oefen erkalten, nimmt darauf die Tiegel heraus, wobei schon ein Sortiren der mehr oder weniger guten stattfindet, und übergießt sie mit wenig Wasser, um die Masse loszuweichen. Das erste Wasser ist eine ziemlich konzentrirte Lösung von Schwefelnatrium; es kann entweder durch Einlegen von mehr Tiegeln noch mehr angereichert werden oder unmittelbar zur Verdampfung kommen; das dabei zu gewinnende Schwefelnatrium wird bei späteren Operationen statt Glaubersalz angewandt.

Der Inhalt der Tiegel löst sich nach dem Einweichen leicht ab, er wird in große Bottiche geworfen und durch Waschen mit Wasser vollständig von allen löslichen Salzen befreit. Die lockere schwammige Masse wird dann auf Mühlen naß bis zur äußersten Feinheit gemahlen, noch einigemal gewaschen, getrocknet und gesiebt. So kommt die Substanz entweder als grünes Ultramarin in den Handel oder wird später in blaue Farbe verwandelt.

Die Umwandlung in blaues Ultramarin geschieht entweder in Zylindern oder in Muffelöfen. Die letzteren sind allgemein in französischen Fabriken in Anwendung, die Zylinder findet man meistens in den deutschen Fabriken, doch werden hier auch die Muffelöfen bereits eingeführt.

Die Zylinder sind ganz von Eisen, am einen Ende verschlossen, vorn mit einem beweglichen Deckel versehen und in einem Feuerraume eingemauert. Eine mit Flügelarmen versehene Welle ruht in Vertiefungen des vorderen und hinteren Deckels und dient dazu, während des Erhitzens den Inhalt des Zylinders zu bewegen und stets neue Oberflächen der Einwirkung der Dämpfe und der Luft auszusetzen. In jeden Zylinder bringt man 25—30 Pfd. grünes Ultramarin, heizt den Ofen und setzt die Flügelwelle in langsame Umdrehung, um die Masse möglichst gleichförmig zu erhitzen. Sobald der Zylinder eine solche Temperatur angenommen hat, daß hineingeworfener Schwefel sich von selbst entzündet, mäßigt man das Feuer und sucht diese Wärme so gleichförmig wie möglich zu erhalten. Alsdann wirft man etwa ein Pfund fein gemahlenen Schwefel ein, setzt die Flügelwelle in Bewegung und wartet das vollständige Verbrennen des Schwefels und das Entweichen der gebildeten schwefeligen Säure ab. Durch Probeziehen überzeugt man sich von der Einwirkung und der Intensität der Färbung. Man wiederholt den Zusatz des Schwefels so oft, bis die gewünschte blaue Farbe erzielt ist oder bis die Färbung nach erneuertem Abbrennen von Schwefel nicht mehr verbessert wird.

Die schönste Farbe wird man nur erlangen, wenn das grüne Ultramarin auf das feinste gepulvert war, da alle groben Körner nur an der Oberfläche verändert werden. Aus diesem Grunde unterbrechen manche Fabrikanten das Feinbrennen ihrer Waare für die besten Qualitäten, waschen das halbfertige Produkt, mahlen es

nochmals und wiederholen dann das Feinbrennen. Sobald die gewünschte Farbe erlangt und das Pulver erkaltet ist, wird es mit Wasser gewaschen, getrocknet und gesiebt, um in den Handel gebracht zu werden. Die Behandlung im Muffelofen ist dieselbe wie im Zylinder. Die Muffel selbst ist aus Schamottsteinen erbaut, sie hat eine flache Sohle und ist mit einem niedrigen Gewölbe überspannt. Die Feuerung liegt unter der Sohle und wird durch Kanäle rings um das Gewölbe vertheilt. Der Mund der Muffel ist durch eine eiserne, durch Gegengewichte getragene und in Schienen gleitende Thür verschlossen. Vor derselben befindet sich ein mit einem Schornstein in Verbindung stehender Mantel, um die Gase abzuleiten.

Die Substanz wird in einer Schicht von 1½—2 Zoll Höhe auf der Sohle der Muffel ausgebreitet und nach dem Zusatz des Schwefels mit einer Krücke gut durchmischt. Die Bläuung findet im Muffelofen rascher und mit geringerem Verlust an Schwefel statt als im Zylinder.

Beim Auswaschen der blauen Farbe läßt sich eine ziemlich konzentrirte Glaubersalzlösung gewinnen, die durch Verdampfung wieder zu gute gemacht werden kann.

Der bedeutende Aufwand an Arbeitskraft und Material, welcher durch die Anwendung der kleinen Tiegel beim ersten Verglühen verursacht wird, veranlaßte Fürstenau, eine andere Methode einzuführen, welche bedeutende Ersparniß an Kosten gestattet. Das Ultramarin wird in Kästen aus feuerfestem Thon gebrannt, welche 6—7 Zenter Rohmasse fassen, von welchen je zwei auf den Herdbänken eines doppelten, nach Art der Smalteöfen konstruirten Flammofens sich befinden.

Der dazu dienende Ofen besteht aus zwei Etagen, von denen die untere unmittelbar, die obere durch die abziehenden Gase geheizt wird. Ofenfutter, Gewölbe und Herd der ersten Etage, sowie die Feuerung sind aus feuerfesten Steinen, das Rauchgemäuer und die obere Etage aus gewöhnlichen Backsteinen, die Pfeiler, welche die Kästen tragen, von Werkstücken gebaut. Der Herd der oberen Etage besteht aus Eisenplatten. Die Kästen sind aus zolldicken Platten von feuerfestem Thon. Die einzelnen Platten sind mit Falzen versehen und werden in den Fugen mit Thon verstrichen.

An jeder Fuge sind die Kästen unter sich und gegen den Ofen gestützt, so daß sie beim Arbeiten den nöthigen Widerstand leisten können.

Die Mischung besteht aus:

Schwachgebranntem Kaolin	100	Th.
Kalzinirte Soda (95 Proz.)	90	„
Raffinirtem Stangenschwefel . . .	100	„
Kolophonium	6	„
Fichtenkohle	4	„

Jedes der Materialien, mit Ausnahme des Kolophoniums, welches nur in nußgroße Stücke zerschlagen wird, wird in einem Kugelrollfasse auf das feinste gepulvert. Die Substanzen werden dann zusammengewogen, gut gemischt und kommen nochmals auf 4 Stunden in das Rollfaß.

Die Masse wird in die Thonkästen locker eingefüllt, die Kästen werden gedeckt, der Ofen verschmiert und dann möglichst rasch auf eine Temperatur gebracht, welche dem Schmelzpunkt einer Legirung von gleichen Theilen und Silber und Gold gleichkommt. Bei dieser Temperatur erhält man den Ofen 5—6 Stunden lang oder so lange, bis eine mit einem Löffel aus den Kästen genommene Probe beim Erkalten eine grüne Farbe annimmt. Man läßt darauf mit dem Schüren nach, schließt den Schornstein und überläßt den Ofen einer 28stündigen Abkühlung.

Die erkaltete Masse wird aus den Kästen genommen und trocken fein gemahlen. Es findet also vor dem Feinbrennen keine Auslaugung statt. Das staubfeine grüne Ultramarin kommt dann in gußeiserne Röstkästen, welche mit eisernen Deckeln verschlossen und in die obere Etage des Ofens gestellt werden. Diese faßt je 9 solcher Kästen. Sie verbleiben darin, ohne Zusatz von Schwefel, bis 12 Stunden nach Aufhören des Schürens während eines Brandes.

Das hierdurch erhaltene Blau wird vollständig ausgelaugt und auf Granit- oder Quarzmühlen naß feingemahlen. Die Läufer dieser Mühlen haben einen Durchmesser von 3,2 Fuß und machen 15 Umgänge in der Minute. Auf jeden Gang kommen 50 Pfund Blau mit dem nöthigen Wasser. Nach vollendetem Feinmahlen läßt man die Farbe auf Spitzbeuteln abtropfen und trocknet sie in eisernen Häfen in der oberen Etage des Ofens nach dem Herausnehmen der Röstkästen.

Ein Ofen liefert im Jahr 120 Brände zu 13,5 Zentner Rohmaterial, und man erhält aus 100 Th. Kaolin 122 Th. fertiges Ultramarin.

Ueber die Zusammensetzung des Ultramarins ist in neuerer Zeit eine Reihe von Untersuchungen angestellt: von Stölzel (Annal. Chem. Pharm. 97, 35), Breunlin (Annal. Chem. Pharm. 97, 295), Wilkens (Annal. Chem. Pharm. 99, 21), Gentele (Dinglers Journ. 140, 223; 141, 116; 160, 453), Ritter (Dissertation, Göttingen 1860), Böckmann (Annal. Chem. Pharm. 118, 212), R. Hoffmann (Kopp und Wills Jahresbericht 1861, 963).

Alle diese Untersuchungen weisen auf das bestimmteste nach, daß die blaue Farbe des Ultramarins nicht durch einen Eisengehalt bedingt sei, wie auch schon daraus hervorgeht, daß man mit völlig eisenfreien Materialien das schönste Ultramarin darstellen kann. Trotzdem kommt Gentele in seiner letzten Arbeit wieder auf Schwefeleisen zurück und will sogar auch dem Schwefelmangan einen Antheil an der Farbe zuschreiben.

Mit Bestimmtheit ist ferner nachgewiesen, daß von den durch die verschiedenen Analysen gefundenen Bestandtheilen, der Kalk, die Magnesia, das Kali und die Schwefelsäure zu den unwesentlichen Gemengtheilen gehören, welche nur als zufällige Bestandtheile in das Produkt kommen und nur nachtheilig darauf einwirken; ja Ritter wies nach, daß, wenn man statt des schwefelsauren Natrons schwefelsaures Kali, oder auch das Doppelsalz von schwefelsaurem Natron und schwefelsaurem Kali anwende, gar kein Ultramarin mehr gebildet werde. Das Ultramarin ist daher ein Natron-Thonerde-Silikat, verbunden mit Schwefelverbindungen des Natriums. Welcher Art diese Schwefelverbindungen aber seien, ob sauerstoffhaltig, ob sauerstofffrei, darüber sind die Ansichten noch sehr getheilt. Während Wilkens sogar die Gesammtmenge des Natrons als unterschwefligsaures Natron und Einfach-Schwefelnatrium berechnet und für das blaue Ultramarin die Formel

$$2(Al_2O_3 \,.\, SiO_3) + Al_2O_3 \,.\, 3\,SiO_3 + NaO \,.\, S_2O_2 + 3\,NaS$$

aufstellt, wird die Gegenwart des unterschwefligsauren Natrons von Anderen geläugnet und dafür die Gegenwart von Mehrfach-Schwefelnatrium angenommen.

So gibt Breunlin folgende Formeln:

Grünes Ultramarin:

$$(2\,NaO)\,.\,SiO_3 + 2\,Al_2O_3\,.\,SiO_3 + NaS_2$$

Blaues Ultramarin:

$$2[(2\,NaO)\,.\,SiO_3 + 2\,Al_2O_3\,.\,SiO_3] + NaS_5$$

Ritter fand dagegen, daß das erste Produkt der Einwirkung von Schwefelnatrium auf kieselsaure Thonerde, wenn die Erhitzung bei völligem Abschluß der Luft geschieht, nicht das grüne Ultramarin, sondern eine farblose Verbindung sei, welche er als weißes Ultramarin bezeichnet. Es soll dieselbe eine Verbindung eines Natron-Thonerde-Silikats der Formel $2[(3\,NaO)\,.\,SiO_3 + Al_2O_3\,.\,SiO_3] + Al_2O_3\,.\,2\,SiO_3$ mit Einfach-Schwefelnatrium und etwas Zweifach-Schwefelnatrium sein. Erwärmt man diese Verbindung an der Luft bis 100^0, oder leitet man schweflige Säure oder Chlorgas darüber, so wird sie zunächst grün und dann blau. Aus dieser Substanz läßt sich schwefelsaures Natron und ausgeschiedener Schwefel ausziehen; übergießt man sie dann mit Chlorantimon und Salzsäure, so wird Schwefelantimon gebildet und es entweicht schweflige Säure. Aus diesem Verhalten läßt sich mit aller Wahrscheinlichkeit schließen, daß das Ultramarin eine Verbindung eines Natron-Thonerde-Silikates mit Mehrfach-Schwefelnatrium und unterschwefligsaurem Natron sei. Die Anwesenheit des letzteren ist auch durch die Versuche von R. Hoffmann höchst wahrscheinlich geworden. Es ist allerdings angeführt worden, daß die Existenz des unterschwefligsauren Natrons bei einer der Glühhitze nahe kommenden Temperatur nicht möglich sei, wogegen sich aber einwenden läßt, daß zur Bildung der blauen Farbe eine so hohe Temperatur durchaus nicht erforderlich sei, indem sie schon wenige Grade über dem Siedpunkt des Wassers eintritt, und daß sogar die blaue Farbe wieder verschwindet, sobald die Temperatur zu hoch gesteigert wird.

Wenngleich die Sache noch nicht endgiltig entschieden ist, so scheint uns doch die von Ritter geäußerte Ansicht über die Konstitution des Ultramarins die richtigste zu sein.

Die neueren Analysen des Ultramarins geben folgende Resultate, worin α Schwefel den Theil des Schwefels bezeichnet, welcher bei der Behandlung mit Säuren als Schwefelwasserstoffgas entweicht, während β Schwefel bei dieser Behandlung als Schwefelmilch abgeschieden wird.

Breunlin, 1—5 blaues, 6 und 7 grünes Ultramarin.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselsäure	37,405	40,909	38,476	36,316	36,585	38,393	38,792
Thonerde	29,990	24,188	28,450	25,881	25,053	27,379	28,272
Eisenoxyd	1,322	0,500	0,653	3,062	0,907	0,629	0,889
Natron	14,897	16,275	19,229	20,967	17,199	16,931	13,881
Natrium	2,852	3,174	1,901	2,115	3,186	5,290	5,535
α Schwefel	1,985	2,204	1,323	1,437	2,217	3,682	3,850
β Schwefel	7,102	8,449	4,877	5,818	8,680	3,490	5,718
Kalk	0,469	0,821	0,601	1,111	1,018	0,829	0,903
Schwefelsäure	2,337	1,307	3,071	2,676	1,987	0,518	0,582
Rückstand	2,833	1,461	2,040	2,344	2,796	1,699	0,963
	101,192	99,288	100,621	101,727	99,821	98,840	99,390

Wilkens, blaue Ultramarine.

Kieselsäure	36,74	31,14	36,15	36,31	35,77	31,89	35,73	34,27	31,68
Thonerde	23,97	20,80	23,25	24,81	23,75	20,59	24,95	23,68	21,03
Schwefel	12,08	10,59	11,93	11,46	12,77	9,05	12,84	10,61	10,63
Natron	18,15	17,04	18,61	20,27	19,53	17,57	19,23	18,73	18,29
Schwefelsäure	1,49	1,32	1,50	1,03	2,28	1,80	2,52	3,00	1,62
Eisenoxyd	1,07	1,26	0,75	0,91	0,90	3,21	0,69	0,70	0,68
Kalk	1,17	0,73	0,39	0,50	0,37	0,30	0,77	0,35	0,23
Rückstand	4,73	17,57	6,13	3,82	2,84	15,23	3,83	8,91	14,56
	99,40	100,45	98,71	99,11	98,21	99,64	100,56	100,25	98,72

Gentele, 1 und 2 grüne, 3—10 blaue Ultramarine.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
β Schwefel	3,625	3,114	5,336	4,116	5,801	5,901	6,384	6,298	6,610	6,635
α Schwefel	2,999	3,199	1,414	1,730	1,125	0,934	0,679	0,657	1,339	0,873
Schwefelsäure	0,595	0,718	0,390	1,117	0,960	2,526	2,630	2,099	3,138	2,703
Kieselsäure	37,821	39,524	40,811	39,856	39,596	36,910	38,363	38,540	40,421	38,285
Thonerde	29,390	30,476	30,449	31,047	31,312	29,173	30,323	30,757	25,835	31,904
Eisenoxyd	1,402	0,857	0,508	0,532	1,414	1,012	1,351	0,590	1,088	0,697
Kalk	1,133	1,346	0,581	0,664	1,270	0,600	0,699	0,468	1,179	1,016
Natron	25,307	23,036	16,061	19,771	17,022	21,255	21,416	20,069	20,733	20,109
Feuchtigkeit	—	—	4,804	2,100	3,451	—	—	1,566	—	—
	101,803	102,270	100,354	100,933	101,951	98,311	101,845	101,044	100,343	102,222

Böckmann, blaue Ultramarine, berechnet nach Abzug des 3—4 Prozent betragenden Rückstandes.

Thonerde	29,83	30,91	26,02	28,49
Kieselsäure	40,39	39,41	38,11	38,36
Natron	16,40	15,14	19,08	18,52
Natrium	3,43	3,77	4,36	3,32
α Schwefel	2,15	2,12	2,48	2,31
β Schwefel	7,78	8,62	9,92	9,39

Ritter

weißes Ultramarin

Kieselsäure	39,06
Thonerde	31,17
Natron	14,75
Kali	1,60
Einfach Schwefelnatrium	8,09
Zweifach Schwefelnatrium	4,88
Schwefeleisen	0,11
	99,66

blaues Ultramarin.

Kieselsäure	40,40
Thonerde	31,88
Natron	15,18
Kali	1,65
Natrium 2,39 } Schwefel 5,55 } Schwefelnatrium	7,94
Unterschwefligsaures Natron	1,84
	98,89

F. Stohmann.

Walkmühle.

Bekanntlich besitzt das thierische Haar durch seine eigenthümliche Oberflächenbeschaffenheit die Eigenschaft, in Folge einer knetenden Einwirkung unter Zuhülfenahme von feuchter Wärme sich zu einer zusammenhängenden Masse so zu verschlingen, daß man nicht im Stande ist, aus dieser Masse einzelne Haare, ohne sie abzureißen, herauszuziehen. Man nennt diese Eigenschaft des Haares seine Verfilzungsfähigkeit, das Produkt, welches in Folge der eben angegebenen Manipulation entsteht, im Allgemeinen Filz, und den Vorgang selbst das Verfilzen oder Filzen.

Da namentlich die rauhe schuppige Oberfläche des Haares seine Verfilzungsfähigkeit bedingt, so muß der Grad dieser Fähigkeit, wegen der großen Verschiedenheit der Oberfläche, ein sehr ungleicher bei den verschiedenen Haaren sein. Im Allgemeinen kann man zwei Hauptklassen von Thierhaaren unterscheiden: eine Klasse, bei welcher die Haare zur raschen und regelmäßigen Verfilzung besonderer Vorbereitungen bedürfen, und eine zweite Klasse, bei welcher solche Vorbereitungen nicht erforderlich sind. Zur ersten Klasse gehören die eigentlichen Haare, zur zweiten die Wolle. — Wegen der Vorbereitungen, denen man die Haare behufs der Filzbildung unterwirft, und die in Anwendung chemischer Agentien (Beizmittel) bestehen (siehe den Artikel Hutmacherei im Hauptwerke), hat man eine chemische Veränderung des Haares durch die Filzungsoperation vermuthet. Nähere Untersuchungen haben aber dargethan, daß diese animalischen Fasern, verglichen mit einander vor und nach der Verfilzung, keine Veränderung ihrer Elementarzusammensetzung erfahren. Nur verändern sich zum Theil ihre physischen Eigenschaften: die Undurchsichtigkeit vermindert sich, indem die Halbdurchsichtigkeit des Innern sich bis an die Oberfläche ausdehnt; die Kräuselung wird stärker, indem die Bögen näher an einander rücken, wodurch die Fasern selbst kürzer werden und zusammenschrumpfen, und ihre Geschmeidigkeit wird bedeutend erhöht.

Von der Verfilzungsfähigkeit der thierischen Haare macht man Anwendung entweder um aus einer Menge wirr durch einander liegender Haare eine zusammenhängende Masse zu erzeugen, oder

einem aus versponnenen Haaren fabrizirten Gewebe nachträglich eine größere Dichtigkeit und Festigkeit zu ertheilen.

Im ersteren Falle handelt es sich um die Erzeugung des eigentlichen Filzes, dessen Verwendung namentlich für Kopf- und Fußbekleidung, für Decken ꝛc. bekannt genug ist. Das Material hierzu ist sowohl Haar im engeren Sinne (nach der oben gegebenen Unterscheidung), als Wolle. Im zweiten Falle, wo es sich um die Verfilzung gewebter Stoffe handelt, kommt hingegen fast nur Wolle in Frage, und unter den Geweben selbst ist es wieder besonders ein Stoff, welcher dieser Operation unterworfen wird, nämlich das als fertige Waare unter dem Namen Tuch bekannte Zeug. Die mechanische Behandlung, durch welche hier die Verfilzung bewirkt wird, heißt das Walken.

Die zur Verfilzung erforderlichen, in Schieben, Drücken, Stoßen, Quetschen bestehenden Operationen werden bei der Fabrikation von Filz noch in größter Ausdehnung durch Menschenhände mit Zuhülfenahme von Beizmitteln, Feuchtigkeit, Wärme und einfachen Klopfwerkzeugen, und nur in einzelnen Fällen (bei der Erzeugung großer Filzdecken und in großen Hutfabriken) durch mechanische Vorrichtungen ausgeführt. In der Tuchmacherei ist hingegen schon von Alters her eine solche Vorrichtung zum Walken angewendet, die man gemeiniglich mit dem Namen Walkmühle, wegen des die Betriebskraft liefernden Wasserrades (der Mühle), oder Walke belegt hat.

Die Walke oder Walkmaschine, auf deren Darstellung es hier allein abgesehen ist, spielt in der Tuchmacherei eine hervorragende Rolle, weil die Eigenschaften des Tuches wesentlich mit von dem Walken abhängen. In Bezug auf das Tuchwalken im Allgemeinen sowohl, als insbesondere auf die dabei vorkommenden Veränderungen des Tuches, auf die Mittel, welche man zur Unterstützung der Operation außer Wärme und Feuchtigkeit noch anwendet u. s. w., muß hier auf den Artikel Tuchfabrikation im Hauptwerke, Bd. XIX. S. 182, verwiesen werden.

Wegen der Wichtigkeit, welche die Walke für den Tuchmacher besitzt, konnte es nicht ausbleiben, daß man mit der Zeit allerlei Verbesserungen aussann und mancherlei Veränderungen mit dem in Rede stehenden Mechanismus vornahm. Trotz vieler abgeänderten

Konstruktionen im Ganzen sowohl als in einzelnen Theilen, unterscheidet man jetzt doch nur zwei Hauptklassen von Walkmaschinen eine Klasse, bei welcher die Stoßwirkung vorherrscht, und die zweite Klasse, bei welcher die Druckwirkung den Erfolg erzielt. Im ersten Falle besteht der wirksame Theil der Maschine in hammerähnlichen, durch freien Fall schlagend wirkenden Massen — Hammerwalke. — Im zweiten Falle besteht der wirksame Apparat entweder aus einem System von Walzen, welche durch ihre Pressung gegen einander das durchlaufende Tuch mittelst Druckes bearbeiten; man nennt die Walke dieser Gattung Walzenwalke. Oder es wird die ganze Anlage der Hammerwalke beibehalten und nur statt der Stoßwirkung, hervorgebracht durch den freien Fall, eine Druckwirkung durch eine Zugkraft erzeugt; diese Art der Walke führt den Namen Druckwalke.

I. Hammerwalke. — Die Hammerwalke (Walkmühle, Filzmühle, Lochwalke, Stockwalke), welche jetzt noch immer vielfach Anwendung findet, ist ohne Frage die älteste Walkmaschine. In ihrer ursprünglichen Gestalt bestand sie aus vertikal niederfallenden Stampfern, die durch eine Daumenwelle gehoben wurden und mit ihren unteren schweren Köpfen auf das Tuch fielen, welches, zu einem Klumpen zusammengewickelt, in dem sogenannten Walkloche oder Kump sich befand. Das Walkloch war in einem starken Holzblocke ausgearbeitet und mit einem muldenförmigen Boden versehen, um dem Zeuge dadurch Gelegenheit zum Drehen und Wenden zu geben, damit alle Theile möglichst gleichmäßig bearbeitet wurden. Das Wenden selbst wurde durch die Beschaffenheit des Stampferkopfes bewirkt, indem dieser an einer Seite so abgeschrägt und mit Zähnen versehen war, daß er wie ein Keil zwischen die hintere vertikale Wand des Walkloches und das Tuch eindrang und dieses an der vorderen Wand in die Höhe schob, von welcher es es sodann, während des Aufganges des Stampfers, wieder herunterfallen mußte. In der Regel arbeiteten zwei Stampfer in einem Loche so neben einander, daß sie abwechselnd niederfielen, und zwar jede mit 35—50 Schlägen pro Minute. — Das dem Walken des Tuches vorhergehende und folgende Waschen wurde mit derselben Maschine vorgenommen. Diese Operation konnte aber nur langsam und unvollständig von statten gehen, weil die Stampfer

zu wenig schiebend wirkten und die Löcher eine zweckmäßige Erneuerung des Waschwassers nicht zuließen. In Folge dessen verwarf man zunächst die vertikal arbeitenden Waschstampfer und brachte an ihre Stelle solche, bei welchen die Wirkung auf das Tuch in mehr horizontaler Richtung stattfand. Man erreichte dieß dadurch, daß man die Stampfer in Hämmer verwandelte, welche an den um einen Bolzen drehbar gemachten Stielen befestigt, mit diesen durch eine Daumenwelle gehoben wurden und durch ihr eigenes Gewicht niederfielen. Die Stiele oder Schwingen der Hämmer waren in der Mittelstellung um etwa 25—30 Grad gegen die Vertikallinie geneigt. Die Anordnung bedingte eine andere viel zweckmäßigere Beschaffenheit des Waschloches. Der Boden desselben mußte in der Bewegungsrichtung der Hämmer nach dem Kreise gekrümmt sein, in welchem die Hammerschwingungen stattfanden; das Ende des Loches, in welches das Tuch durch den Hammer hineingedrängt wurde, bekam einen elliptischen Querschnitt, so daß das Tuch mit Leichtigkeit und in größerem Maße in die Höhe geschoben werden konnte, folglich auch beim Rückgange des Hammers eine größere Wendung zu machen veranlaßt war. Dabei war der wirkende Theil des Hammers ebenfalls mit Zähnen (treppenförmig) versehen und gleichzeitig erforderte seine Bewegung ein viel größeres Waschloch.

In dieser neuen Anordnung der Waschmaschine erkannte man bald eine wesentliche Verbesserung auch zur Konstruktion der Walke, und so entstanden denn die eigentlichen Walkhämmer. Sie verdrängten die Stampfwalken bald vollständig, weil die Art ihrer Wirkung und ihre ganze Einrichtung nicht nur ein viel gleichmäßigeres Produkt erzeugte, sondern auch den Vorgang besser übersehen ließ und die Dauer des Prozesses bedeutend abkürzte. Von den Waschhämmern unterscheiden sich die Walkhämmer nur durch größeres Gewicht und eine mehr geneigte Lage der Schwingen, damit die Schwerkraft mehr zur Geltung kommt, was wegen der beim Walken erforderlichen kräftigeren Einwirkung als zweckmäßig erscheinen muß.

Eine Walkmühle dieser Art ist durch Fig. 1 auf Taf. 135 in $^1/_{48}$ wahrer Größe dargestellt, und zwar in einem Vertikaldurchschnitt. Sie besteht zunächst aus einem rahmenartigen Gestell von starken, gehörig fest mit einander verbundenen Längs- und Querbalken A, B, C, D. Der oben liegende Balken A trägt unterwärts

die gußeisernen Hängelager s, deren jedes zwei in demselben Kumpe arbeitende Hämmer vermittelst der runden Zapfen p aufnimmt. Die Zapfen p sind in der Regel aus hartem Holze angefertigt und in das geschlitzte Ende des Hammerstiels (der Schwinge) durch Keile r dergestalt befestigt, daß ein Verstellen des Hammers selbst möglich ist. Der Hammer E ist an der Schwinge durch Keile befestigt, und zwar so, daß die Schwinge q radial zu der Krümmung steht, nach welcher der Hammer geformt ist, die ein Bogenstück von jenem Kreise bildet, in welchem der Hammer sich bewegt und dessen Mittelpunkt in der Drehachse p liegt. Die Länge des Hammerkopfes beträgt (in der Sehne gemessen) etwa 1,8 Meter. Sein Querschnitt ist ein Rechteck von 0,35 Meter Länge (in der Richtung der Schwinge) und 0,20 bis 0,22 Meter Breite. Er wiegt mit der Schwinge 250 bis 350 Pfund, je nach der Schwere des zu bearbeitenden Tuches. Was die Verzahnung betrifft, so ergibt sich diese aus der Figur; nur mag bemerkt werden, daß die vordere Fläche des ersten 0,15 Meter tiefen Einschnitts radial steht, diejenige des zweiten 0,04 Meter tiefen Zahnes mit der ersten parallel geht, und die des dritten unter etwa 45° gegen die konvexe Hammerfläche geneigt ist. Bei der tiefsten Stellung des Hammers hat die Sehne seiner Krümmung eine Neigung von 45 bis 55° gegen den Horizont. Die 0,45 bis 0,55 Meter betragende Hebung des Hammers wird durch Däumlinge v (in der Regel 3) hervorgebracht, welche aus Holzstücken bestehen, die auf gußeiserne Ringe w aufgeschuht sind. Die Daumenringe selbst sind dann auf die horizontal liegende Welle aufgekeilt. Die Däumlinge greifen gegen die Hebelatte t, welche wegen der Abnutzung mit einer Eisenschiene u beschlagen ist, zwischen den Gleitschienen W geführt und so in den Hammerkopf eingesteckt wird, daß dieser beim Aufschlagen der Hebelatte auf das Stück e mit dem vorderen Zahn (Treibzahn) in der vorgezeichneten Stellung sich befindet, d. h. etwa 25 bis 36 Millimeter von der tiefsten Stelle des Walkloches entfernt bleibt.

Das Walkloch besteht aus den Hölzern i, b, a, e und zwei Seitenwänden l; alles gehörig mittelst durchgezogener eiserner Schraubbolzen verbunden. Das Stück i (die Brustlehne) ist im Innern nach einem Kreise gekrümmt, von 0,35 Meter Radius, die Stücke a und e (die Rücklehne) nach einem Kreise, dessen Mittelpunkt in

dem Drehzapfen p liegt. Ferner dient die schmiedeiserne Stange h zur Verhütung des Ausweichens der Brustlehne. Die Größe des Walkloches richtet sich, wie das Gewicht der Hämmer, nach der Schwere des Tuches, das heißt, die Entfernung der Seitenwände l von einander sowohl als die Höhe und Tiefe nimmt mit dem Gewichte des Tuches zu. In der Regel pflegt man vier Walkkästen neben einander vor einer Daumenwelle anzulegen und denselben eine etwas verschiedene Größe in der Art zu geben, daß der erste am kleinsten und der vierte am geräumigsten ist. Dabei wird unbedingt daran festgehalten, daß die zwei Hämmer eines Kumpes sowohl zwischen einander als zwischen sich und den geraden Seitenwänden des Loches nicht mehr als 4 bis 6 Millimeter Raum lassen. Uebrigens werden, wegen der oft schwierigen Beschaffung der starken Hölzer, die Walkkästen auch von Gußeisen hergestellt und nur mit Holz ausgelegt. Um das Loch für etwas stärkere Tücher zu erweitern, das Wenden weniger rasch machen zu lassen und endlich um den oberen Theil der Brustlehne, als den am meisten der Abnutzung unterworfenen Theil des Loches, mit Leichtigkeit wieder herstellen zu können, setzt man das Einsatzbrett m mit einer Versatzung in die Brustlehne ein und bewirkt die Befestigung desselben durch zwei von der Seite eingesteckte eiserne Bolzen.

Die Walkoperation besteht nun darin, daß man das Tuch regelmäßig zusammenfaltet, in das Loch legt, die Walkflüssigkeit (gefaulten Urin, Seifenwasser 2c.) aufgießt, die Walkhämmer angehen läßt, etwa alle 2 bis 3 Stunden das Tuch wieder herausnimmt, umlegt (überrichtet) und damit so lange fortfährt, bis das Tuch die gehörige Walke erhalten hat. Der dazu nöthige Zeitaufwand richtet sich nach der Beschaffenheit des Tuches (Farbe, Schwere, Feinheit der Wolle u. s. w.) und liegt in der Regel zwischen 12 und 24 Stunden. In ein Walkloch kommen zwei Stücke Tuch, jeder Hammer macht in der Minute 45 bis 60, bei raschem Gange auch wohl 75 Schläge, und zwei Hämmer gebrauchen 1½ bis 2 Pferdekräfte als Bewegungsmoment.

Aus der Beschreibung der Hammerwalke und der Betrachtung ihrer Wirkungsweise lassen sich leicht die Vortheile gegen die Stampfwalken, aber auch ihre Nachtheile im Allgemeinen erkennen. Diese Nachtheile bestehen in Folgendem: 1) Die Hammerwalke verursacht

bei ihrem Gange so bedeutende Dröhnungen des Gebäudes, daß dieses nur durch besonders starke Bauart, durch isolirte Fundamentirung 2c. längere Zeit den Einwirkungen dieser Stöße zu widerstehen vermag; 2) die stets vorhandene Nässe bewirkt häufig ein Verziehen einzelner Holztheile und in Folge dessen Klemmungen und Kraft konsumirende Reibungen; 3) die Dauer der Walke ist zu lange; 4) die Waare wird nicht selten beschädigt; 5) für jede Tuchsorte (nach der Größe) muß ein besonderes Walkloch vorhanden sein.

Diese Uebelstände haben zu mancherlei Veränderungen Veranlassung gegeben und zu Verbesserungen geführt, die entweder alle oder einzelne derselben beseitigen sollen. Zur Verminderung des Werfens konstruirte man so weit als thunlich einzelne Theile von Eisen, so namentlich die Gestell- und Lagertheile, auch wohl die Schwingen. — Um die Verfilzung zu beschleunigen, unterstützt man die durch die Hammerstöße erzeugte Wärme (Kaltwalken) durch Zuführung künstlicher Wärme in Form von heißem Wasser, das man in die Löcher gießt, oder von Wasserdampf, den man, durch besondere Vorrichtungen regulirbar, einleitet (Warmwalken). Da aber erfahrungsmäßig die kalte Walke eine bessere, festere gleichmäßiger gewalkte Waare liefert als die Warmwalke, und diese, wegen der bedeutenden Beschleunigung des Verfilzungsprozesses, für feinere Waare nur bei sehr behutsamer Leitung der Operation angewendet werden kann, so macht man von der Zuhülfenahme künstlicher Wärme fast ausschließlich bei ordinären Tuchen Gebrauch.

II. Druckwalke. — Ohne im Wesentlichen von der Grundidee der Hammerwalke abzugehen, sondern nur das Prinzip der Stoßwirkung, hervorgebracht durch eine fallende Masse, verlassend und zu dem einer Druckwirkung mit wenig Stoß übergehend, kam man auf diejenigen Walkmaschinen, bei welchen der Hammerkopf nicht durch eine Daumenwelle gehoben, sondern an vertikalen Schwingen aufgehängt und durch eine Kurbel direkt oder indirekt (mittelst einer Zugstange) pendelartig hin- und hergeschoben und gegen das Tuch gepreßt wird. Die sogenannte Druckwalke, Kurbelwalke, Patentwalke, ist eine sehr wesentliche Verbesserung, indem sie durch Beseitigung der Stöße die hierdurch entstehenden Gefahren für das Gebäude aufhebt und noch andere später zu erwähnende Vortheile gewährt.

Eine von Spranger und Schimmel in Chemnitz konstruirte Doppel-Kurbelwalke ist in Fig. 2 und 3, Taf. 135, dargestellt, und zwar Fig. 2 im vertikalen Längen-, Fig. 3 in vertikalem Querschnitt, in $^1/_{16}$ natürlicher Größe. Sie besteht aus den zwei Seitenwänden A und B, worauf die Böcke c und d geschraubt sind, in welchen die Hämmer e und f an den Schwingen g g um den Bolzen a drehbar hängen. Der Bolzen a liegt in den zwei Köpfen b b, welche mit den Böcken so verbunden sind, daß man sie etwas heben und senken kann, was beim Montiren vortheilhaft ist. Die Verbindung der Schwingen mit den Hämmern durch das Stück i und die Schienen h ergibt sich ohne weiteres aus der Figur; sie ist zum leichten Auseinandernehmen eingerichtet. Auf den gußeisernen Hammerkasten k sind die zwei hölzernen Hammerköpfe m und l aufgeschraubt. Durch Auswechseln der dazwischengelegten Platten n n kann man m und l weiter heraus- oder hereinschieben, und dadurch den Raum der Walklöcher o und p vergrößern oder verkleinern. Die Walklöcher o und p bestehen nur aus einer Brustlehne und haben einen durchgehenden Boden, der bei u u Böschungen zum Halten der Seifenlösung 2c. hat und in v eine durch die Zugstange z zu öffnende Klappe zum Ablassen der Walkflüssigkeit. Bei q q liegt ein sogenannter Wende-Regulator, das ist eine krumm gebogene Blechplatte, gegen welche das in o und p in die Höhe geschobene Tuch tritt und zum Umwenden in gewissem Grade gezwungen wird. Zu diesem Zwecke wird die Stange, an welcher die Blechplatte sitzt und die quer über der Maschine liegt, außerhalb dieser mit einem Hebel versehen, auf den eine veränderliche Feder- oder Gewichtskraft so wirkt, daß die Platte gegen das Tuch drückt und dieses zum Wenden veranlaßt. Durch die Maschine geht die zweimal gekröpfte Kurbelwelle CC mit den Krummzapfen t t, die um 180° gegen einander versetzt sind und in Büchsen der Stücke h h laufen, so daß die zwei in einem Loche arbeitenden Hämmer stets entgegengesetzt sich bewegen. Zur Ausgleichung der Bewegung sitzt zu jeder Seite der Maschine auf der Welle C ein Schwungrad. Zwei Fangbretter r, s verhüten, daß das Tuch beim Wenden oben auf die Hämmer fällt, und daß die Walkflüssigkeit gegen die Schwingen u. s. w. fliegt.

Von dieser doppelten Kurbelwalke unterscheidet sich die einfache

im wesentlichen nur dadurch, daß der Hammerkasten statt der zwei Köpfe m und l nur einen Kopf trägt, und daß demnach auch nur ein Walkloch vorhanden ist. Außerdem wird die Bewegung gewöhnlich durch eine Zugstange bewirkt.

Außer der Aufhebung der Stöße gewährt die Kurbelwalke den Vortheil eines geringen Raumbedarfs, durch die vertikale Aufhängung der Schwingen einer leichten Bedienung, so daß man während der Walkoperation das Tuch auswechseln kann (weßhalb der Wenderegulator q zum Herausnehmen eingerichtet ist). Die Nachtheile der Holzkonstruktion sind so weit wie möglich vermieden und die Produktionsfähigkeit durch eine erhöhte Geschwindigkeit bedeutend vermehrt.

Die einfache Kurbelwalke macht nämlich 200 Schläge pro Minute gegenüber den 120 Schlägen der Hammerwalke. Bei der doppelten Kurbelwalke wird dieser erhöhte Effekt noch verdoppelt, ohne einen merklichen Mehraufwand von Kraft. Die Art ihrer Wirkung muß sowohl schonender für das Tuch sein als auch regelmäßigere Waare liefern. Endlich kann man in einem Walkloche Tuche von ungleicher Schwere, zwischen 26 und 50 Pfund, gleich gut bearbeiten.

III. Walzenwalken. — Eine gänzliche Beseitigung aller Uebelstände der ursprünglichen Walkmaschine scheint erst durch die Einführung eines ganz neuen Prinzips in der Konstruktion dieser Apparate erreicht zu sein, des Prinzips nämlich, nach welchem die Walzenwalken gebaut werden.

Wie schon der Name errathen läßt, sind hierbei an die Stelle der schwingenden Hämmer die Walzen getreten. Die intermittirende stoßartige Bewegung ist also in eine kontinuirliche drückende verwandelt. Da diese drückende schiebende Wirkung allein aber die Verfilzung nicht immer mit gehöriger Schnelligkeit bewirkt, so sind oft noch Organe nothwendig, die durch gelinde Schläge auf das Tuch die Druckwirkung unterstützen. Die Vortheile, welche die Walzenwalken im Allgemeinen darbieten, wurden natürlich Veranlassung zu mancherlei Veränderungen und Verbesserungen und in Folge dessen zu verschiedenen Systemen. So weit als es die eine zu Gebote stehende Figurentafel 135 möglich machte, sind die gebräuchlichsten Systeme auf derselben gezeichnet.

a) System Dyer. Hierzu die Fig. 4, welche einen Vertikaldurchschnitt in 1/24 wahrer Größe darstellt. Dies System wurde 1833 in England John Dyer, 1838 in Frankreich Hall Powell u. Scott patentirt, und besteht in folgender Anordnung. Zwischen zwei gußeisernen Rahmstücken A, welche durch Ansätze a und a′ nach beiden Langseiten hin verlängert werden und oben durch eine Deckplatte B, unten dagegen durch die Sohlplatten b in parallelem Abstande und fester Verbindung gehalten werden, befindet sich ein eigenthümlich gekrümmter, aus Föhrenholz konstruirter, 0,6 Meter breiter Walktrog C. Die Bretter desselben sind auf krummen, an den Rahmstücken und Ansätzen a und a′ angegossenen Theilen befestigt, und die Seiten des Troges, aus Brettern oder aus Zinkblech, mit dem Boden und den Rahmstücken verschraubt.

Im oberen Theile des Gestells lagern vier Walzen D, E und D′, E′ von eigenthümlicher Konstruktion. Die unteren D, E bestehen aus gußeisernen, durch Arme mit den Naben verbundenen Ringen, in deren Stirnflächen radial Holzstücke dicht an einander schließend eingesetzt und in ähnlicher Weise wie die Holzzähne eines Stirnrades befestigt sind. Die Holzstücke werden, nachdem die Walze auf die Welle gesteckt und festgekeilt ist, abgedreht und von beiden Seiten durch Messingringe o begrenzt, welche 38 Millimeter vorstehend durch Bolzen verschraubt sind, so daß nach der Zusammensetzung eine solche Walze auf der Stirn eine 75 Millim. breite und 38 Millim. tiefe Rinne bildet, in welche die in ähnlicher Weise, jedoch ohne Seitenringe zusammengesetzte obere Walze D′, resp. E′, eintritt. Die zusammengehörenden Walzen DD′ und EE′ sind auf genau gleiche Durchmesser abzudrehen und fortwährend auf denselben zu erhalten.

Die Wellen F und G der unteren Walzen ruhen mit ihren Enden in Lagern außerhalb des Kastens und nehmen hier die zur Bewegung erforderlichen Zahnräder auf. Die Wellen F′ und G′ der beiden Oberwalzen D′ E′ ruhen zwar ebenfalls in Lagern; diese sind jedoch nicht fest, sondern dergestalt in an den Rahmstücken befestigte Träger x eingelegt, daß sie in den Führungen bis zu einem gewissen Betrage steigen und fallen können. Auch sie erhalten Zahnräder zur Vermittlung der Bewegung, die durch ein Schwungrad

auf der mit Riemscheiben versehenen Betriebswelle Q regelmäßig erhalten wird.

Das zu walkende Tuch, welches an den beiden Enden zusammengenäht ist, geht in den Rinnen der zwei Walzenpaare hindurch und bildet Falten, die den Querschnitt der Tuchmasse verändern, deßhalb aber erfordern, daß je eine Walze nachgibt, wenn das Tuch nicht zu sehr leiden und die Maschine nicht unregelmäßig gehen soll. Deßhalb liegen die Oberwalzen in beweglichen Lagern auf dem Träger x, müssen aber, um eine Einwirkung auf das Tuch auszuüben, angemessen niedergedrückt werden. Zu dem Zwecke dient für jedem Walzenende ein Hebel f, f', welcher auf den Deckel der Lagerpfanne durch ein angehängtes Gewicht e, e', preßt. Außerdem ist über jedes zu einer Walze gehörende Lagerpaar ein Bügel angebracht, welcher durch das Gewicht K an einem quer über der Maschine liegenden Hebel f'' f''' ebenfalls niedergedrückt wird.

Um zu verhindern, daß das Tuch sowohl bei seinem Uebergange aus dem einen Walzenpaare zum andern als auch beim Verlassen der letzten Walzen sich durchschlägt oder aufwickelt und dadurch zerreißt, sind besondere Führungsstücke oder Streichbretter anzubringen. Zu dem Zwecke liegen dicht an den Walzen zwei hölzerne Backenstücke y und an diesen befestigt, in der Mitte zwischen den Walzen, die Streichbretter r, sowie hinter denselben die mit h und h' bezeichneten. Ferner dienen zur Leitung des Tuches noch vor dem ersten Walzenpaare die kleinen Walzen T und T', sowie das mit einem Loche versehene Brett U.

Bei der Einwirkung auf das Tuch zwischen den erwähnten Walzen erfolgt das Walken vornehmlich in der Breite desselben. Um nun auch ein solches in der Länge zu veranlassen, sind hinter dem letzten Walzenpaare noch zwei aufrecht stehende Walzen M angebracht, zwischen welchen das Tuch durchgeht. Auch diese müssen, um ein Stauchen des Tuches zu veranlassen, ohne es am Durchtreten zu hindern, mit einem angemessenen nachgiebigen Drucke gegen einander gepreßt werden. Zu dem Zwecke liegen die beiden Lager in einem gemeinsamen Bügel, welcher mit den Lagern in den Rahmen ii horizontal verschiebbar angeordnet ist und mit einem in der Mitte sitzenden Stiele nach außen tritt. Auswärts ist der Stiel mit einem Einschnitte versehen, in welchem ein nach oben gerichteter

Hebel l liegt. Dieser Hebel ist unter dem Gabelstiele um einen Bolzen drehbar, so daß ein Druck von dem oberen Hebelende r in der Richtung nach dem Innern des Walkapparates ebenfalls die Walze verrückt und, weil diese Einrichtung an beiden Walzen vorhanden ist, diese sich nähern läßt. Hervorgebracht wird dieser Druck durch Gewichte m, welche durch über Leitrollen m' geführte Schnüre p auf den Hebel wirken.

Im Betriebe machen die Walzenpaare etwa 60 bis 80 Umdrehungen in der Minute, wobei das Tuch von den Walzen eingezogen und geknetet, zwischen die durch Reibung mitgehenden Walzen M gestaucht und somit in beiden Richtungen gewalkt wird. — Diese Walzenwalke dient übrigens auch als Waschmaschine. — Zum Walken konsumirt sie $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Pferdekraft.

b) System Benoit und Bergnes. Diese Walzenwalke wurde den Erfindern 1839 in Frankreich patentirt, später wesentlich vervollkommnet, und hat sich sowohl durch ihre Einfachheit und Zweckmäßigkeit als auch durch ihre guten Leistungen in sehr vielen Tuchfabriken Eingang verschafft. Sie ist in Fig. 5 in einem vertikalen Längenschnitt, und Fig. 6 im Grundriß in $^1/_{24}$ wahrer Größe gezeichnet. Das Gestell der Maschine besteht wieder aus zwei gußeisernen Rahmen von 12 Millimeter Dicke mit Verstärkungsrippen, welche an der inneren Seite mit angeschraubten Dielen a von Föhrenholz als Seitenwänden versehen sind. Ein hölzerner viereckiger Kasten B, der aus zwei Hälften besteht und zum leichteren Abheben mit eisernen Griffen dd versehen ist, bedeckt die Maschine. b und c sind Thüren, die während des Walkprozesses so viel wie möglich geschlossen bleiben müssen, damit die Waare sich nicht abkühlt, und nur zum Einlegen des Tuches, Aufgeben der Walkflüssigkeit, Herausnehmen des Tuches und zur gelegentlichen Beobachtung des Vorganges geöffnet werden. Der Boden ee wird ebenfalls aus schmalen Brettern gebildet, die auf den gußeisernen, an den Seitenwänden durch Schrauben befestigten Stücken h liegen. Die Krümmung des Bodens muß so sein, daß die Waare allmählich und ohne sich zu überstürzen in die Walkflüssigkeit gelangt.

Der Walkapparat besteht zunächst aus dem Mundloch D, einem schmalen, in vertikaler Richtung länglichen Loche. Durch dieses Loch tritt das Tuch, geführt von der Leitwalze z, zwischen zwei Seiten-

platten (Backen) E, welche durch Schrauben in horizontaler Richtung verschiebbar sind und das Tuch zusammendrücken. Die Entfernung dieser Backen von einander richtet sich nach der Stärke des Tuches und muß demnach regulirbar sein. — Von den Zugwalzen FF', die das Tuch nun einziehen und auch zusammendrücken, dreht sich die untere F in festen Lagern. Die obere F' dagegen liegt mit den Zapfen ihrer Welle G' in Lagern der Stangen l, die vertikal verschiebbar sind. Um sie niederzudrücken, besitzen diese Stangen Gelenke zur Verbindung mit den Hebeln m, die sich mit der Welle n, auf deren Enden sie befestigt sind, drehen müssen. Die Welle n liegt in Böcken o, welche auf das Gestell aufgeschraubt werden, und trägt in der Mitte einen Hebel H mit dem verschiebbaren Gewichte J, durch welches daher ein Niederdrücken der Walze F' verursacht wird und durch dessen Verschiebung man den Druck vergrößern oder verkleinern kann. Dabei ist noch die Maßregel getroffen, daß zur Begrenzung des Druckes die Stangen ll sich in gewisser Tiefe auf Schienen aufsetzen, so daß auch nie eine Berührung der beiden Walzen stattfindet. Die Konstruktion der Walzen stimmt mit derjenigen der Dyer'schen überein, nur daß der Kanal in der Unterwalze fehlt, und daß die Oberwalze zur Vergrößerung ihres Gewichts mit zwei starken gußeisernen Naben versehen ist, die das eigentliche Walzenrad zwischen sich nehmen.

Einer der wichtigsten Bestandtheile der Maschine ist die Faltklappe, welche das Walken des Tuches in der Länge bewirkt. Sie besteht aus dem gußeisernen Bügel K, welcher zu beiden Seiten der Walze F' zwischen zwei Bunden die Welle G' umfaßt und um dieselbe drehbar ist. Die daran befindliche dicke gußeiserne Platte K, dient zur Befestigung des hölzernen Schuhs M, welcher vorn, wo die stärkste Abnutzung stattfindet, auf der Bahn mit einer starken Platte von Hartmetall versehen ist. Vermöge seiner Form und Lage, sowie durch das Gewicht des Bügels mit dem Gußstück K' hindert der Schuh M das durch die Walzen durchgeführte Tuch fortwährend am Vorrücken und zwingt es, sich in dem Leitkanal L in Falten zu legen und zu stopfen, ehe es auf die Klopftafel N gelangt. Um den Druck der Klappe dabei gehörig reguliren zu können, hat der Tragbügel K auf einer Seite einen Verlängerungsarm s, an dem eine Zugstange e' befestigt ist, die mit dem anderen

Ende durch einen Schlitz in der Seitenwand nach außen tritt und mehrere kleine Auflegegewichte trägt, durch deren Auflegen oder Wegnahme der Gegendruck verstärkt oder verringert werden kann.

Die Klopftafel N besteht aus einem Bohlenstück, welches um eine eiserne Achse o' sich bewegen kann. Darunter liegt etwa in der Tafelmitte eine Querstange u, deren beide Enden gelocht sind zur Aufnahme von Schrauben, welche die Verlängerung von zwei Spiralfedern bilden, die am Gestell angebracht sind, und an denen somit die Querstange hängt und dem Klopftische eine elastische Unterlage gewährt. Zweckmäßig hat man übrigens die Spiralfedern durch die viel dauerhafteren Blattfedern in Form der Wagenfedern ersetzt.

Ueber der Klopftafel befindet sich derjenige Apparat, welcher durch Schläge das Tuch bearbeitet und dadurch die Walzenwirkung wesentlich unterstützt. Er besteht aus zwei kleineren, sonst den Walkwalzen gleich konstruirten Rollen O, O (den Schlägern), welche von zwei gußeisernen Armen x, die an der Welle y sitzen, durch diese Welle im Kreise geschwungen werden und gleichzeitig die Möglichkeit gewähren, sich um ihre eigenen Achsen zu drehen. Unter diese Schläger gelangt das Tuch, wenn es aus dem Kanal L und unter der Klappe M hervortritt.

Die Maschine wird, nachdem das Tuch eingelegt und an den Enden zusammengenäht ist, und die Gewichte sowohl als die Backen E gehörig adjustirt sind, in Gang gebracht durch die neben einer Losscheibe auf der Welle G sitzende Riemenscheibe. Von G wird die Bewegung durch Stirnräder auf G' übertragen, so daß F und F' mit gleicher Geschwindigkeit 90 bis 100 Umdrehungen in der Minute machen. Mit derselben Geschwindigkeit dreht sich die Achse y, so daß 180 bis 200 Schläge in der Minute auf das Tuch fallen.

Im Anfange der Arbeit stellt man die Backen E auf etwa 36 Millimeter nahe, läßt die Walzen nicht stark aufliegen und hebt die Faltklappe M durch die Gegengewichte ganz ab. Nach und nach erst wird der Kanal durch E verengt, der Druck der Walzen und der Klappe M vergrößert, mit der Vorsicht, daß man, wenn das Tuch der Breite nach zu viel walkt, die Backen weiter stellt, und umgekehrt. Walkt das Tuch dahingegen der Länge nach zu viel,

so verringert man den Druck der Faltklappe, den man vermehrt, wenn die Längenwalke zu gering ausfällt. Beim Herausnehmen des Tuches stellt man die Backen so weit wie möglich und hebt das Gewicht der Faltklappe ganz auf. Soll gewaschen werden, so läßt man nur die Druckwalzen, und zwar mit möglichst großem Druck wirken.

Die Maschine erfordert nur 1 Pferdekraft zum Betriebe und spart gegen die Hammerwalke $\frac{1}{3}$ an Zeit. Ein mittelfeines weißes Tuch von 24 preußischen Ellen ist darauf in 5 bis 7 Stunden fertig und gebraucht 4 bis 5 Pfund Seife. Da nun nach den Größenverhältnissen der Zugwalzen das Tuch pro Minute um 127 Meter (90mal Umfang = 1,41 Meter) vorgezogen wird und 24 Ellen = 16 Meter zu rechnen sind, so passirt das Tuch fast genau 8mal pro Minute den Apparat (wobei von der Verkürzung beim Walken abgesehen ist), also in 7 Stunden 7 . 8 . 60 = 3360 mal und bekommt 180 . 7 . 60 = 75,600 Schläge. Hellfarbige Tuche erfordern je nach Qualität und Farbe 7 bis 12 Stunden, und sehr schwere, die noch dazu der Farbe wegen schwierig walken, z. B. bronzefarbene und russischgrüne Tuche, 15 bis 16 Stunden gegen 24 Stunden in der Hammerwalke. In diesen Fällen sind die Loden ungewaschen der Walkmaschine übergeben und also auch in derselben Zeit von Schmutz und Oel durch Waschen gereinigt. Hierzu ist jedoch die vorliegende Maschine nicht gut geeignet, weil das Tuch beim Auswaschen durch die Seife und das Fett oft so glatt und schlüpfrig wird, daß die Walzen es nicht ununterbrochen durchziehen können, sondern darüber hingleiten und somit zeitraubend und nachtheilig für die Waare arbeiten.

c) System Lacroix. Die Walzenwalke (patentirt 1840) nach diesem Systeme besteht zunächst aus einem gußeisernen Rade von 32 Centimeter Halbmesser und 75 Millimeter Dicke, mit Holz bekleidet, wie das vorher angegeben, und mit vorstehenden Rändern von angeschraubten Messingringen versehen, so daß sich ein Kanal bildet wie bei den Walzen der Dyer'schen Maschine. Um die Walze sind drei Druckwalzen von 16 Centimeter Radius so angelegt, daß sie in diesen Kanal eintreten wie bei der eben zitirten Maschine; die mittlere liegt dabei genau vertikal über der Hauptwalze, die beiden andern in einer Entfernung von 34 Centimeter zwischen den

Mittelpunkten daneben. Sämmtliche drei Walzen erhalten durch Gewichte das Bestreben, sich in radialer Richtung gegen die große Walze zu bewegen. Das Tuch wird nun zuerst durch ein horizontales Mundbrett geführt, welches ein schmales längliches Loch hat, dann über eine Leitwalze und von hier tangential nach der Hauptwalze. Auf diesem Wege passirt es noch einen hölzernen Kanal, der ebenfalls ein längliches Loch hat, welches aber in entgegengesetzter Richtung länglich ist. Nachdem es die drei Walzen verlassen hat, kommt es in den Hauptwalkapparat. Dieser besteht aus einem Oberschuh, wie bei dem System Benoit, von hartem Holze oder Messing, der mit nachgebendem Drucke das Zeug gegen einen festliegenden Unterschuh, ebenfalls aus hartem Holze oder Messing, preßt, und aus zwei horizontal beweglichen Backen, die das Tuch in dieser Richtung drücken. Zu dem Zwecke werden diese Backen ebenfalls mittelst Hebel und Gewichte gegen einander bewegt und zur Verstärkung der Wirkung am Austrittsende etwas näher gestellt. Indem sich so eine Art viereckigen Trichters bildet, in den das Tuch von der letzten Walze hineingeschoben wird, staucht es sich so lange zusammen, bis die Gewichte nachlassen und den Kanal so weit öffnen, daß das Tuch herausquillt. In Folge dessen erleidet es die gehörigen Pressungen sowohl horizontal als vertikal und verfilzt sich.

Die Behandlung dieser Maschine stimmt mit derjenigen überein, die bei dem System Benoit angegeben wurde. Man kann aber den Loden ungewaschen hineinthun, weil die drei Druckwalzen so viel Berührungsfläche bieten, daß ein Gleiten nicht zu befürchten ist. Gerathener ist es jedoch auch hier, das Tuch vorher zu waschen (was in der Maschine selbst geschehen kann), weil die Waare eine klarere Farbe dadurch erhält.

Das Walken in der Lacroix-Walke erfordert weniger Zeit als in der Benoit-Walke, bei 45 bis 50 Umgängen der Hauptwalze (mit welcher die Druckwalzen durch Räderwerk gleiche Peripheriegeschwindigkeit erhalten müssen), nimmt aber auch zwei Pferdekräfte in Anspruch. Diese Walke hat aber ungeachtet der doppelten Betriebskraft namentlich aus dem Grunde häufigere Anwendung gefunden, weil sie für alle Qualitäten der gefilzten Stoffe anwendbar ist, wogegen das System Benoit sich besonders für leichter

walkende und feine Waare eignet, hauptsächlich wenn es darauf ankommt, fleckenrein zu walken, was schwer in der Lacroix-Walke, der vielen Schmutzwinkel wegen, zu erzielen ist.

d) System Desplas. Bei dieser Anordnung gelangt das Tuch über eine Führungswalze zwischen zwei vertikal, aber feststehende Zylinder, dann zwischen ein Walzenpaar und hinter diesem auf einen Tisch, der zu beiden Seiten mit aufrecht stehenden Wänden begrenzt ist, und erleidet hier erst ein Zusammenstauchen durch eine darüber liegende Klappe, tritt dann unter eine Walze, die gegen den Tisch gepreßt wird, und endlich aus einem Kanal wieder aus. Wesentlich bei dieser Maschine ist die Anwendung von Blattfedern zur Erzeugung der Drücke, von der man später immer mehr und mehr Gebrauch machte.

e) System Wiede und Preßprich. Dieses System, welches im Jahre 1856 in Sachsen patentirt wurde, ist wohl durch die ganze Anordnung des Walkapparates als das vorzüglichste von allen zu betrachten, weil es die meisten Uebelstände beseitigt, welche den anderen Walzenwalken mehr oder minder anhängen, wie das aus der Beschreibung näher hervorgehen wird.

Wie aus der in $1/_{30}$ wahrer Größe gezeichneten Durchschnittsfigur 7 hervorgeht, besteht die Maschine aus dem Troge b, der an zwei vertikalen gußeisernen Rahmen a befestigt ist und bei b′ und b″ Thüren besitzt, dem Deckel c von der bekannten Einrichtung und dem Walkapparat. Dieser bildet ein System von horizontalen und vertikalen Walzen, die je paarweise zusammenliegen und sämmtlich so konstruirt sind, wie dies aus den Details Fig. 8 und 9 zu erkennen ist. Zwei gußeiserne Hülsen a a nehmen 10 keilförmig zugeschnittene Holzstücke so zwischen sich, daß diese einen vollständigen Zylinder bilden, der zusammengehalten wird durch 10 dünne Stangen, die durch die Holzstücke und die Hülsen gehen und mittelst Schrauben an den Stirnflächen die Hülsen fest gegen einander ziehen.

Das Tuch tritt aus dem Troge durch eine 18 Centimeter lange und 6 Centimeter breite Oeffnung des Brettes f, wo es sich zusammendrängt und faltet, in das erste horizontale Walzenpaar g′. Von diesem Walzenpaare liegt die Unterwalze fest, während die Oberwalze mit ihren Zapfen in Lagern liegt, welche in Vertikal-

führungen beweglich sind und durch Federdruck nach unten gepreßt werden. Zu dem Zwecke liegt quer durch die Maschine die Welle g mit zwei Armen s, die nach den Walzenlagern gehen, und einem Arm t, an dem eine starke Spiralfeder u zieht und somit den Druck auf die Lager überträgt. Der Arm t ist nach dem Kreise gebogen, dessen Mittelpunkt in dem Befestigungspunkte u' der Feder liegt, so daß man diese mit ihrem Bügel beliebig darauf verschieben kann, um die Kraftwirkung den Verhältnissen anzupassen.

Von diesen Zugwalzen g' gelangt der Loden zwischen das vertikale Walzenpaar h'. Die Lager der einen dieser Walzen sind horizontal verschiebbar und treten mit horizontalen Vorsprüngen aus der Maschine heraus, um hier den Druck einer Blattfeder aufzunehmen, welcher sie zurück gegen das Tuch drängt. Dabei ist der Federdruck je nach der Anspannung, welche man der Feder durch eine Schraube gibt, verschieden zu machen.

Hierauf folgen der Reihe nach wieder die drei Walzenpaare g'', h'', g''', wovon die Oberwalzen der Paare g'' und g''' durch über der Maschine liegende Blattfedern v' v'' niedergedrückt werden, während eine Walze des Paares h'' wie bei h' durch eine Feder außerhalb der Maschine einen Seitendruck empfängt.

Aus den angeführten fünf Walzenpaaren tritt das Tuch nun in den sogenannten Stau-Apparat. Dieser besteht aus zwei horizontalen Walzen ii mit schmaler Peripherie (Sabotwalzen) und zwei vertikalen Walzen k (Backenwalzen). Alle vier Walzen sind einander so nahe gelegt, daß zwischen denselben ein 6 Centimeter hoher und 10 Centimeter breiter Kanal bleibt, durch den das Tuch mit großer Kraft hindurchgedrängt wird. Der Widerstand, den das Tuch in diesem Kanale zu überwinden hat, besteht in der Pressung der vier Walzen gegen dasselbe, und diese wird zum Theil durch Federn, zum Theil durch Gewichte erzeugt. Die untere Sabotwalze (so genannt, weil sie an die Stelle der Zungen oder Schuhe „sabots“ treten) liegt fest, während die obere Sabotwalze einen Druck auf ihre Zapfen erhält durch die Spiralfeder a' vermittelst der Hebel z, y und des Bügels x. Die beiden Stauch- oder Backenwalzen erhalten den Druck durch die an Schnüren hängenden Gewichte F' vermittelst der Gabelhebel d' (wie aus dem Grundriß Fig. 10

deutlich zu erkennen ist), welche die Zapfen der Walzen k in die Gabeln aufnehmen.

Der Unterschied, welcher äußerlich zunächst an dieser Walkmaschine gegenüber den oben beschriebenen in die Augen fällt, ist die größere Anzahl Walzenpaare und ihre abwechselnde Stellung gegen einander, sowie die Abwesenheit aller festliegenden Führungen, mit Ausnahme der Platte f. Die durch diese Anordnung erreichten Vortheile lassen sich durch Vergleichung des hier stattfindenden Vorganges mit dem der anderen Maschinen am besten erkennen.

Indem nämlich das Tuch durch die vier abwechselnd horizontal und vertikal angeordneten Druckwalzen geht, unterliegt es auch abwechselnd in zwei auf einander rechtwinkligen Richtungen der drückenden Einwirkung, und in Folge dieser Richtungsveränderungen wird es stets in andere Lagen gepreßt und bekommt keine Längenstreifen, deren Ursache in der gleichbleibenden Lage des Tuches gegen die einwirkenden Organe zu suchen ist. Gleichzeitig wird das Tuch immer auf die Mitte des nächstfolgenden Walzenpaares geführt und hierdurch der Gefahr entzogen, der es bei der sonst nothwendigen Anordnung eines Kanals, durch die den Kanal bildenden Metallscheiben, ausgesetzt wird, und die in dem Zerschneiden durch diese Scheiben besteht.

Den Druckwalzen wird das Tuch von dem ersten Paare zugeführt, den verschiedenen Pressungen unterworfen und dadurch in vollkommener Weise verfilzt, daß nicht mehr bloßer Druck, sondern ein Druck mit Schieben wirksam gemacht wird. Man muß zu dem Zwecke jedem Walzenpaare das Tuch in lockerer Form und nicht in gespanntem Zustande zuführen und einer Art würgenden Wirkung aussetzen, indem man eine Walze jedes Paares passiv macht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß wenn eine Walze nur mittelst des durchpassirenden Tuches mit fortgenommen wird, bei weicher nachgiebiger Beschaffenheit des Tuches und gehöriger Belastung der Walze, diese Walze sich etwas langsamer dreht als die andere aktive Walze, und daß in Folge dieser Geschwindigkeitsdifferenzen ein höchst vortheilhaftes Ineinanderschieben der Wollhaare nach allen Richtungen stattfindet. Die Erfinder haben diese Erfahrung benutzt, indem sie einen lockeren Zustand des Tuches dadurch erzielen und erhalten, daß sie jedem folgenden Wal-

zenpaare eine langsamere Bewegung ertheilen und die schiebende Einwirkung dadurch herbeiführen, daß sie immer eine Walze von dem sich etwas stauchenden Tuche durch Reibung mitnehmen lassen. Da nun aber eine Anspannung des Tuches in der Längenrichtung der Längeverfilzung entgegen wirkt, so benutzten die Erfinder diesen Umstand, um vermittelst des Zuführungswalzenpaares eine Regulirung zu erreichen, indem man dieses aktiv oder passiv, je nach Erforderniß, machen kann. Aktiv gegen das Tuch sind diese Walzen, wenn sie durch einen Riemen getrieben werden und geschwinder umlaufen als das erste Druckwalzenpaar, und deßhalb das Tuch in lockerem Zustande weiter fördern. Passiv sind sie, wenn das durch das erste Druckwalzenpaar eingezogene Tuch sie mitnimmt und sich in Folge dessen selbst spannt. Im aktiven Zustande wirkt das Einführungswalzenpaar also für die Verfilzung in der Länge günstig, im passiven Zustande ungünstig; im ersten Falle also mehr, im letzten Falle weniger verkürzend. Weil nun der Walker in dem Kürzerwerden das Mittel hat, den Walkprozeß zu leiten, und in der eben angegebenen Einrichtung eine Regulirung gegeben ist, so hat er um so mehr den Prozeß in seiner Gewalt, als er durch starke Belastung der oberen Zuführwalze eine Spannung herzustellen im Stande ist, welche das Tuch so viel in der Länge dehnt, als es zwischen den Druckwalzen eingeht, und somit ein Kürzerwerden unmöglich macht.

Aus dem letzten Druckwalzenpaare tritt das Tuch in den Stauchapparat, wie bereits oben angegeben, und legt sich hier in schlangenförmige Falten vor die beiden Zungenwalzen ii, weil die Peripheriegeschwindigkeit der letzteren viel geringer ist als die des Walzenpaares g''', aber auch nicht so gering sein darf, daß das Tuch von g''' nach unten oder nach oben mitgenommen werden kann. Gleichzeitig dienen die Backenwalzen k dazu, das Austreten des Tuches nach der Seite zu verhindern. Die Zungenwalzen erhalten beide ihre Drehung direkt von der Maschine durch Vorgelege, während die Backenwalzen von der Reibung des Tuches an denselben mitgenommen werden. Indem sich nun das Tuch gewaltsam durch den Kanal drängt, welchen diese vier Walzen bilden, wird es einer kräftigen Verfilzung unterworfen, ohne derjenigen Gefahr ausgesetzt zu sein, die bei den andern Stauchvorrichtungen vorhanden

ist, und in Entstehung von Löchern sich äußert, so daß auch der rotirende Stauchapparat als eine Verbesserung anzuerkennen ist.

Von den Stauchwalzen fällt das an seinen Enden zusammengenähte Tuch ebenso, wie bei den anderen Walzenwalken, in den abschüssigen Trog zurück und entfaltet sich. Aus dem Troge beginnt es von neuem seinen Weg unter der Führungswalze e weg zunächst wieder nach dem Brette f. Dieses Brett ist um ein Scharnier drehbar, hebt sich, wenn das Tuch sich verschlungen hat und nicht durch den Schlitz hindurch kann, und rückt vermittelst einer Hebelübersetzung den Treibriemen aus, wodurch ein augenblicklicher Stillstand der Maschine eintritt.

Es wird ferner dieser Maschine noch eine bedeutende Ersparniß an Zeit und Kraft nachgerühmt.

f) System Bousfield. Wir führen dieses System einiger bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten wegen an. Das Tuch wird nämlich zwischen zwei oder mehreren gewellten oder geriffelten elastischen Walzen aus vulkanisirtem Kautschuk durchgeführt und dann ebenfalls mehreren glatten Walzen aus demselben Material übergeben, und mit den Enden zusammengenäht so lange durchgezogen, bis es gehörig gewalkt ist.

g) System Schneider, Legrand Martinot u. Komp. Diese Walzenwalke arbeitet mit zwei neben einander in einem Troge liegenden Walzenapparaten, zwischen welchen zwei Stücke Tuch, jedes für sich, gewalkt werden, so daß man im Stande ist, ein fertig gewalktes Stück durch ein frisches zu ersetzen, ohne den Walkprozeß für das zweite zu unterbrechen. Die Stopfplatten erhalten ihren Druck durch Schraubenfedern, deren Spannung man beliebig reguliren und sowohl der Waarengattung als dem Walkgrade anpassen kann. Ebenso werden die Druckwalzen durch andere Schraubenfedern, die mittelst Hebel die Spannung übersetzen, belastet. Eine Eigenthümlichkeit dieses Systems liegt noch in der Anwendung besonderer Walzen zum Entfalten des Stoffes, bevor er von neuem in den Walkapparat tritt.

Fig. 12 auf Taf. 135 zeigt diese Walke im Längendurchschnitt, und Fig. 11 im Querschnitt, nach der Linie 1,2 in Fig. 12. A B und A′ B′ sind die Walzenpaare, von denen A und A′ einerseits und B und B′ andererseits auf gemeinschaftlichen Achsen stecken. Die

unteren Walzen B, B' erhalten ihren Betrieb durch die Riemenscheibe P (P' ist eine Losscheibe) und pflanzen denselben durch die Stirnräder C und D auf die Oberwalzen A und A' fort. Vor und hinter den Walzen befinden sich die Stopfapparate E und F, durch welche das zu walkende Tuch hindurchgeht; beide sind durch Platten f f' geschlossen, wovon f durch Schraubenfedern r niedergedrückt wird, deren Spannung man auf bekannte Weise reguliren kann. Um dabei die Reibung zu vermehren, sind die Platten F und f der Quere nach geriffelt.

Der zu walkende Stoff geht nach seinem Austritt aus den Walzen durch den Trog nach einem Walzenpaare H J, wovon beide Walzen mit hervorragenden Reifen versehen sind, und die eine J in Schlitzlagern liegt, um durch die Federn R gegen die andere H gedrückt zu werden. Dieses Walzenpaar bezweckt die Entfaltung des Tuches. Aus dem Entfalter tritt es in die Platte G, welche ebenfalls bei einer etwaigen Verschlingung des Tuches von diesem mitgenommen wird und den Riemen auf die Losscheibe wirft. Durch die Spiralfeder r' wird vermittelst des Hebels L der Druck auf die obere Walze ausgeübt.

E. Hoyer.

Wasserräder.

(Bd. XX. S. 146.)

Seit dem Erscheinen des Artikels Wasserräder im XX. Bande der technologischen Enzyklopädie ist ein neues vertikales Rad, das von Sagebien, aufgetreten und hat die Ausbildung der Turbinen gute Fortschritte gemacht; namentlich ist es gelungen, die Turbinen auch zur Benutzung veränderlicher Wassermengen zu befähigen und damit in vielen Fällen ein Hinderniß für ihre Anwendbarkeit zu beseitigen.

Zunächst möge es wegen der Mangelhaftigkeit der früheren Definitionen gestattet sein, die Abgrenzung zwischen den Wasserrädern im engern Sinne und den Turbinen festzustellen.

Liegt an einem Orte der Erdoberfläche die Möglichkeit vor, ein gewisses Wassergewicht durch eine bestimmte Höhe (das Gefälle) vertikal fallen zu lassen, so verrichtet die Schwerkraft beim Durch-

sinken des Gefälles im Wasser eine Arbeit, die durch Multiplikation des Wassergewichts mit der Gefällhöhe bestimmt wird. Zur Ermittelung der in einer Sekunde geleisteten Arbeit (des Effektes) dient hierbei die in einer Sekunde zufließende Wassermenge. Es ist nun die Aufgabe aller Wasserräder, von dieser durch die Natur gebotenen Arbeit so viel als möglich in das Rad aufzunehmen und zu weiterer Verwendung fortzuleiten. Zu dem Ende muß das Wasser mit den Schaufeln der Räder in Berührung treten, es muß einen Druck darauf ausüben. Hierbei bieten sich zwei verschiedene Fälle dar: entweder durchsinkt das Wasser im Rade in unmittelbarer Berührung mit den zu treibenden Schaufeln — die Wirkung der Schwerkraft direkt auf dieselben übertragend — einen Theil des Gefälles, oder das Wasser durchläuft das ganze Gefälle vor dem Rade. Im ersten Falle, welcher bei den älteren Wasserrädern mit Ausnahme des unterschlägigen stattfindet, ist es erforderlich, dem Rade eine Bewegung in einer Vertikalebene, also um eine horizontale Achse zu geben. Dagegen theilt im zweiten Falle — bei den unterschlägigen Rädern und Turbinen — die Schwerkraft dem Wasser die Arbeitsfähigkeit schon vor dem Eintritt in das Rad vollständig mit, und es ist zur Abnahme der Arbeit aus dem Wasser nur nöthig, das Wasser gegen die Schaufeln eines sich drehenden Rades treten zu lassen, mag die Drehung nun, wie früher, in einer vertikalen Ebene, also um eine horizontale Achse, oder in einer horizontalen Ebene um eine vertikale Achse geschehen. Die Lage der Drehachse gibt mithin kein scheidendes Merkmal für Wasserräder und Turbinen, ebenso wenig die volle und partielle Beaufschlagung des Umfangs der Räder; denn beide Beaufschlagsarten kommen bei den Turbinen vor. Der Unterschied liegt allein in der Art der Einwirkung des Wassers auf die Radschaufeln.

Bei den älteren Wasserrädern oder den Wasserrädern im engeren Sinne wird das Wasser stoßweise in die Schaufel- oder Zellenräume des Rades geführt, macht mit dem Rade bis zum Austritt aus demselben eine gemeinsame Bewegung, befindet sich also während des Aufenthaltes im Rade relativ zu demselben in Ruhe, und verläßt das Rad mit einer der Umfangsgeschwindigkeit des Rades gleichen Geschwindigkeit, die natürlich für die Wirkung auf das Rad verloren ist. Zur Herab-

ziehung dieses Verlustes ist eine geringe Umfangsgeschwindigkeit für alle Räder vortheilhaft, und wird dieselbe auch klein und unabhängig vom Gefälle genommen, wenn die Abnahme des Effekts nicht, wie bei den unterschlägigen Rädern, allein durch den Stoß des Wassers geschieht, in welchem Falle die Umfangsgeschwindigkeit des Rades zur Erzielung des größten Effektes nahe der Hälfte der Zutrittsgeschwindigkeit des Wassers gleich sein muß.

Bei den Turbinen dagegen geht das Wasser, nachdem es vor dem Rade die Wirkung des Gefälles in sich aufgenommen hat, möglichst ohne Stoß in das Rad und bewegt sich bis zum Austritt aus dem Rade nicht allein mit der sanft und stetig zu krümmenden Schaufel, sondern auch längs derselben, und gibt während dieser Bewegung die Arbeitsfähigkeit an die Schaufel ab. Die in irgend einem Moment vorhandene absolute Geschwindigkeit eines Wassertheilchens während des Aufenthalts im Rade ist die Resultirende aus der Schaufelgeschwindigkeit an der Stelle des Wassertheilchens und der relativen Geschwindigkeit längs der Schaufel, welche man durch die Herstellung der Durchflußquerschnitte der Radkanäle in seiner Gewalt hat. Richtet man nun die Schaufeln so ein, daß bei dem Austritt des Wassers die Bewegung desselben längs der Schaufel in der Bewegung des Rades entgegengesetzter Richtung mit einer Geschwindigkeit erfolgt, die der Radgeschwindigkeit nahe gleich ist, so kann man selbst bei großer Radgeschwindigkeit eine kleine absolute Ausflußgeschwindigkeit des Wassers und somit eine sehr gute Abnahme der Arbeit aus dem Wasser erlangen. Da die Entziehung der Arbeit aus dem Wasser lediglich durch die Bewegung desselben längs der Schaufel auf einem verhältnißmäßig kurzen Wege erfolgt, so müssen die Turbinen sehr sorgfältig berechnet und ausgeführt werden, während die Wasserräder viel einfacher herzustellen sind.

Das Poncelet-Rad wird nach dem Vorstehenden besser zu den Turbinen als zu den Wasserrädern gerechnet. Bei demselben tritt bekanntlich das Wasser ohne Stoß in das Rad, steigt an der Schaufel hinauf, kommt relativ zur Ruhe und fällt denselben Weg zurück bis zum Austritt aus dem Rade. Dieser Vorgang wird bei einem isolirten Wassertheilchen richtig ausgeführt werden können, nicht aber bei auf einander folgenden Theilchen; denn hier findet

sich nicht die Zunahme des Durchflußquerschnitts vor, welcher der Abnahme der relativen Wassergeschwindigkeit beim Aufsteigen entsprechen müßte, und die später eintretenden Theile werden durch das Zurückfallen der vorher eingetretenen Theile in ihrer Bahn gestört. Die hieraus hervorgehenden Störungen reduziren den Wirkungsgrad, d. h. das Verhältniß des Nutzeffektes des Rades zum absoluten Effekt der Wasserkraft sehr. Will man diesen Fehler vermeiden, so muß man das Wasser ohne Umkehr durch das Rad führen, also Eintritt und Austritt nicht an derselben Stelle des Rades erfolgen lassen, wie es in der That bei den Turbinen geschieht.

Bei den älteren Wasserrädern leitet man das Wasser durch den Einlauf dem Rade so zu, daß die Wassergeschwindigkeit größer als die Radgeschwindigkeit wird, um das Wasser zum Eintritt in das Rad zu befähigen, da die Richtungen beider Geschwindigkeiten nicht stark von einander abweichen. Das Wasser tritt mit einer relativen Geschwindigkeit in das Rad ein und wirkt mit derselben gegen die Schaufeln durch Stoß; damit hierdurch die Zuflußgeschwindigkeit am besten benutzt wird, muß ihr Werth V dem doppelten der Radgeschwindigkeit v gleich sein. Zur Erzeugung dieser Geschwindigkeit V ist das sogenannte Stoßgefälle $\frac{V^2}{2g}$ (wobei g die Erdacceleration $= 9,^{m}81$ bezeichnet) vom Oberwasserspiegel bis zum Eintrittspunkte des Wassers in das Rad erforderlich und wird von diesem Gefälle unter der angegebenen Beziehung $V = 2v$ nur die Hälfte durch das Rad nutzbar gemacht. Der Rest des Gefälles, das sogenannte Druckgefälle, kommt ganz zur Wirkung, wenn ein vorzeitiges Austreten des Wassers aus dem Rade oberhalb des Unterwasserspiegels verhindert wird. Da die Umfangsgeschwindigkeit der älteren Räder (mit Ausnahme des unterschlägigen Rades), und somit auch das schlecht benutzte Stoßgefäll, fast konstant genommen wird, so bleibt für das vortrefflich zu verwerthende Druckgefälle eine im Verhältniß zum ganzen Gefälle um so größere Höhe, je größer das Gefälle selbst ist, und es steigt also mit dem Gefälle auch der Wirkungsgrad des Rades.

Für Gefälle von etwa 4^{m} an wird der Wirkungsgrad der rückenschlägigen und oberschlägigen Räder ebenso gut und selbst besser als der Wirkungsgrad gut konstruirter Turbinen, welche für

alle Gefälle wegen der gleichen Arbeitsabnahme aus dem Wasser nahe denselben Wirkungsgrad liefern. Man wird daher für jene Gefälle die leicht anzuordnenden und bei abnehmender Wassermenge die Wasserkraft besser benutzenden Wasserräder den Turbinen vorziehen, so lange die Kosten der Wasserräder die der Turbinen nicht bedeutend übersteigen, und wenn der langsame Gang der Räder nicht zu lästig fällt. Von etwa 10^{m} Gefälle an werden aber die Wasserräder so viel theurer als Turbinen, daß man von ihrer Verwendung Abstand nehmen muß, ungeachtet der wegen der großen Wassergeschwindigkeit stärkeren Effektverluste der Turbinen.

Bei kleinen Gefällen unter 3^{m}, welche die Kropfräder und unterschlägigen Räder schlecht ausnutzen, wird man wegen des besseren Effekts, des meist erwünschten rascheren Ganges und der Unschädlichkeit des Rückstaues für den Lauf der Turbine im Unterwasser zu den Turbinen greifen, wenn nicht stark veränderliche Gefälle wegen des störenden Einflusses auf die Umdrehungszahlen der Turbinen, sehr veränderliche Widerstände, unreines oder Grundeis führendes Wasser oder zu große Anlagekosten hindernd in den Weg treten.

Stellt man sich die Aufgabe, für die kleineren Gefälle ein Wasserrad nach den älteren Prinzipien mit besserem Wirkungsgrade als dem der gewöhnlichen Kropfräder und unterschlägigen Räder zu konstruiren, so muß man sich bestreben, die Größe der Effektverluste herabzuziehen, die durch den Stoß des Wassers beim Eintritt in das Rad, durch die Geschwindigkeit desselben beim Austritte aus dem Rade und durch das Entweichen des Wassers neben und unter dem Rade entstehen. Die beiden ersten Verluste werden durch eine geringe Umfangsgeschwindigkeit des Rades in Verbindung mit einer geringen Zuflußgeschwindigkeit, also durch Verminderung des Stoßgefälles, verkleinert, während der letzte Verlust durch einen möglichst kleinen Spielraum des Rades im Gerinne bei sehr genauer und solider Ausführung herabgezogen werden muß. Eine kleinere Umfangsgeschwindigkeit als gewöhnlich hat zunächst zur Folge, daß die Schaufelräume längere Zeit vor dem Einlauf bleiben und sich stärker füllen, die Räder also voluminöser und kostspieliger als die gebräuchlichen ausfallen. Derartige Räder von großer Breite parallel der Drehachse und von großer radialer Tiefe hat Sagebien

erfunden und mehrfach ausgeführt; sie sollen im Nachstehenden kurz beschrieben werden. Eine ausführliche und theoretische Behandlung findet man in den

Annales des ponts et chaussées. 3. Série, 1858. 1. Semestre,

und auszugsweise im

Civil-Ingenieur, Zeitschrift für das Ingenieurwesen; herausgegeben von Bornemann. Bd. 5, 1859.

Das Sagebien'sche Kropfrad.

Die Eigenthümlichkeiten dieses in Fig. 1, Taf. 136, skizzirten Rades werden bedingt durch die bei der geringen sekundlichen Rad-Umfangsgeschwindigkeit von $v = 0,^{m}6$ bis $v = 0,^{m}75$ und geringen Zuflußgeschwindigkeit des Wassers von $V = 0,^{m}7$ bis $0,^{m}8$ zur Verminderung einer gar zu unmäßigen Radbreite erforderliche bedeutende Strahldicke des eintretenden Wassers, die etwa gleich dem Gefälle H, wenn dieses unter $1,^{m}5$ beträgt, sonst zu etwa $1,^{m}5$ anzunehmen ist. Das Wasser wird in dieser großen Strahlstärke, die durch einen Ueberfallschützen S vor dem Rade regulirt werden kann, aus dem Zuflußgraben O über den Schützen weg direkt und wegen der kleinen Geschwindigkeiten ohne starken Stoß in das Rad geleitet und füllt den Fassungsraum der Schaufeln A, welche eine große radiale Erstreckung (Kranzbreite $a = \frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Radhalbmesser R) erhalten, sehr stark, bis auf $\frac{2}{3}$, selbst $\frac{4}{5}$ seines Volumens an. Um das Ueberfließen des Wassers über die inneren Schaufelkanten ohne zu großen Radhalbmesser durch eine steilere Stellung der Schaufeln beim Eintritt des Wassers zu vermeiden, werden die Schaufeln nicht radial, sondern tangential zu einem aus dem Radmittel mit dem Halbmesser $\varrho = \frac{R}{8}$ bis $\frac{R}{5}$ beschriebenem Kreise gestellt. Das Wasser sinkt dann mit dem Rade bis zum Abflußkanale U, so viel als möglich durch das Kropfgerinne K am Entweichen während dieser Bewegung verhindert, und übt dabei auf die Schaufeln einen Druck aus durch einen verhältnißmäßig großen Theil des Gesammtgefälles, weil das Stoßgefälle nur klein genommen wurde; hieraus erklärt sich der hohe Wirkungsgrad der Räder von $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$. In Folge der starken Füllung der Schaufelräume und des langsamen Ganges der Räder würde ein

stärkeres Entweichen des Wassers neben und unter dem Rade stattfinden als bei gewöhnlichen Kropfrädern mit gleichem Spielraum zwischen Rad und Gerinne und gleicher Schaufelzahl; zur Herabziehung des daraus entstehenden Effektverlustes muß der Spielraum durch genaue und solide Ausführung des Baues sehr gering gehalten und die Zahl der Schaufeln groß, die Theilung derselben etwa 0,^{m}25 bis 0,^{m}35 genommen werden. Die angegebene Schaufelstellung verleiht den Schaufeln beim Austritt aus dem Unterwasser große Neigung zum Aufwühlen des Wassers, und es kann einem aus diesem Umstande hervorgehenden starken Effektverluste nur durch einen großen Radhalbmesser, ungefähr $3^{m} + \frac{3}{8} H$, entgegen gewirkt werden. Vor dem Rade befindet sich im Zuflußkanale noch ein gewöhnlicher Schützen S, zum Abschluß des Wassers vom Rade, der aber während des Betriebes vollständig zu öffnen ist.

Derartige Räder sind ausgeführt worden für Gefälle von 0,^{m}7 bis 2,^{m}5 und Wasserzuflüsse von 0,6 bis 4 Kubikmeter in der Sekunde.

Herr Ingenieur Zuppinger hat ähnliche Räder gebaut, die von ihm „Niedergefälleräder" genannt werden, und bei welchen ohne den großen Radhalbmesser Sagebiens durch gekrümmte Schaufeln mit radial gerichteten äußeren Enden (Fig. 2, Taf. 136) das Ueberschlagen des eintretenden Wassers verhindert und auch der Austritt des Wassers aus den Schaufelräumen im Abflußkanale begünstigt wird. Die Umfangsgeschwindigkeit nimmt Herr Zuppinger größer als Sagebien, etwa zu 1^{m} an, und bewirkt dadurch eine Verminderung der Baukosten, aber auch des Wirkungsgrades, der nur noch 0,6 bis 0,65 beträgt.

Was nun die praktische Brauchbarkeit der Sagebien'schen Räder anbelangt, so könnten dieselben für die S. 365 angegebenen Fälle der Nichtverwendbarkeit der Turbinen gute Dienste leisten, wenn nicht der, den gewöhnlichen Kropfrädern gegenüber, mehr gewonnene Effekt durch die Zahn- und Zapfenreibungen der in der Regel zur Erzielung der nöthigen größeren Umdrehungszahlen der Transmissionswellen erforderlichen starken Vorgelege und die Zinsen der größeren Anlagekosten aufgezehrt würde.

Die Turbinen.

Zunächst muß zum Verständniß des Folgenden die Bewegung des Wassers in einem geschlossenen Rohre zwischen Oberwasser und Unterwasser betrachtet werden.

Verschließt man die Ausflußöffnung des Rohres und stauet das Wasser in demselben bis zum Oberwasserspiegel auf, so erleidet ein Wassertheilchen des Querschnitts MN (Fig. 3, Taf. 136) im Abstande h vom Oberwasserspiegel auf die Flächeneinheit eine allseitige Pressung oder einen Druck von der dasselbe umgebenden Flüssigkeit oder der Rohrwandung, welcher den Druck der Atmosphäre auf die oberste Wasserschicht um das Gewicht einer Wassersäule mit der Basis gleich der Flächeneinheit und der Höhe gleich dem Vertikalabstande h jener Stelle vom Oberwasserspiegel übertrifft. Kommt man überein, unter Pressungshöhe an einer Stelle der Leitung die Höhe einer Wassersäule zu verstehen, welche durch ihr Gewicht allein den an jener Stelle herrschenden Flächendruck hervorrufen würde, und bezeichnet mit $\mathfrak{A}$ die Pressungshöhe von 10,^{m}336 der Atmosphäre, so ist im Zustande der Ruhe im Wasser die Pressungshöhe $\mathfrak{h} = \mathfrak{A} + h$ an der Stelle MN. Die Wirkung des Gefälles zeigt sich dabei nur in der Vergrößerung der Pressung der Wassertheilchen von oben nach unten.

Wird die Ausflußöffnung MN am Unterwasserspiegel geöffnet, so tritt das Wasser aus derselben mit der atmosphärischen Pressung behaftet, und wenn man die kleine Zuflußgeschwindigkeit im Obergraben und die geringen Reibungen u. s. w. in dem Rohre vernachlässigt, mit einer Geschwindigkeit U aus, die sich bekanntlich aus

$$U = \sqrt{2gH}$$

berechnet, wobei

$g = 9,^{m}81$ die Erdacceleration, und

H das Gefälle vom Oberwasserspiegel bis zur Oeffnung

bezeichnet. Damit die Geschwindigkeit in der That eintreten kann, ist darauf zu sehen, daß keine plötzlichen Richtungs- und Querschnittsänderungen, namentlich Erweiterungen, in der Leitung vorkommen, weil dadurch die Wassertheilchen nicht allein eine nach der Achse des Rohres fortschreitende Bewegung, sondern auch eine Wirbelbewegung erhalten und sich erwärmen, wodurch ein Theil des

Gefälles verloren geht für die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung des Ausflusses, und somit auch für die Verwerthung in der Turbine.

Durch die Oeffnung vom Querschnitt A geht bei der Geschwindigkeit U in der Sekunde die Wassermenge

$$Q = A \,.\, U$$

und ist das abfließende Wasser stets wieder durch den Zufluß in jedem Querschnitte der Leitung zu ersetzen, wenn dieselbe gefüllt bleiben soll. Es wird also durch den Flächeninhalt a des Querschnitts MN die Geschwindigkeit u bestimmt, welche das Wasser in demselben annehmen muß, damit eine der unten abfließenden gleiche Wassermenge durchfließt, und zwar folgt aus

$$Q = u \,.\, a = U \,.\, A$$

$$u = \frac{Q}{a} = U \,.\, \frac{A}{a} \,.$$

Diese Geschwindigkeit u erlangt ein Wassertheilchen dadurch, daß es im Ganzen durch eine Höhe $\frac{u^2}{2g}$ frei fällt, d. h. die Schwerkraft muß während dieses Weges in dem Wassertheilchen wirksam sein, ohne eine verzögernde Einwirkung von dem umgebenden Wasser zu erleiden, und somit auch, ohne die Pressung der darunter liegenden Wassertheilchen zu vermehren, denn ein und derselbe Theil der Schwerkraft kann nur einmal verbraucht werden, entweder durch Geschwindigkeits- oder durch Pressungszunahme. Um den zur Geschwindigkeitsertheilung aufgewandten Theil $\frac{u^2}{2g}$ des Gefälles (die sogenannte Geschwindigkeitshöhe) wird mithin im Zustande der Bewegung die Pressungshöhe (die sogenannte hydraulische Druckhöhe) $\mathfrak{h}$ geringer sein als die Pressungshöhe im Zustande der Ruhe (die sogenannte hydrostatische Druckhöhe), und also

$$\mathfrak{h} = (\mathfrak{A} + h) - \frac{u^2}{2g}$$

betragen.

Da die Summe der Pressungshöhe $\mathfrak{h}$ und der Geschwindigkeitshöhe $\frac{u^2}{2g}$ für eine Stelle nach obiger Gleichung stets gleich $\mathfrak{A} + h$,

also der hydrostatischen Druckhöhe gleich und konstant ist, so kann man die Sache auch so auffassen, als ob der verschwundene Theil der Pressungshöhe $\mathfrak{A} + h - \mathfrak{h}$ die Form der gleichwerthigen Geschwindigkeitshöhe $\frac{u^2}{2g}$ angenommen, sich in diese verwandelt habe. Umgekehrt läßt sich auch Geschwindigkeitshöhe wieder in Pressungshöhe durch allmähliche Vergrößerung des Durchflußquerschnitts und entsprechende Verminderung der Geschwindigkeit zurückführen.

Nimmt man a so an, daß $u = \sqrt{2gh}$ werden muß, also zu $\frac{Q}{\sqrt{2gh}}$, so wird wegen $\frac{u^2}{2g} = h$

$$\mathfrak{h} = (\mathfrak{A} + h) - h = \mathfrak{A},$$

d. h. die Pressung des Wassers im Rohre stimmt an jener Stelle mit der Atmosphärenpressung überein; man kann in diesem Falle beliebige Oeffnungen dort im Rohre anbringen, ohne ein Austreten von Wasser aus dem Rohre und ein Eintreten von Luft und Wasser in das Rohr zu veranlassen.

Wählt man a größer als $\frac{Q}{\sqrt{2gh}}$, so wird wegen $u = \frac{Q}{a}$

$u < \sqrt{2gh}$ oder $\frac{u^2}{2g} < h$ und für

$$\mathfrak{h} = (\mathfrak{A} + h) - \frac{u^2}{2g}$$

bleibt ein größerer Werth als $\mathfrak{A}$, d. h. die Wasserpressung im Rohre ist dann größer als die Pressung der Atmosphäre, und fordert die Erhaltung dieser größeren Pressung einen ringsum von der Rohrwandung eingeschlossenen Wasserquerschnitt.

Endlich kann man auch a kleiner als $\frac{Q}{\sqrt{2gh}}$ machen, dann muß

$u > \sqrt{2gh}$ oder $\frac{u^2}{2g} > h$ und für

$$\mathfrak{h} = (\mathfrak{A} + h) - \frac{u^2}{2g}$$

ein kleinerer Werth als $\mathfrak{A}$ entstehen. Es tritt nämlich nach hergestellter Oeffnung bei $M_1 N_1$ durch das Niedersinken der aufgestauten und unter der Einwirkung des ganzen Gefälles befindlichen Wassersäule unterhalb des Querschnitts M N eine größere Wassermenge aus, als bei M N durch

den Einfluß des einfachen Gefälles h bis dahin mit der Geschwindigkeit $\sqrt{2gh}$ nachtreten kann; es entsteht unter M N wegen der einmal in Bewegung befindlichen Wassersäule ein theilweises Vacuum, eine geringere Pressung als oben die Atmosphäre auf das Wasser ausübt, und die Differenz beider Pressungen bewirkt nun die Vergrößerung der Geschwindigkeit über $\sqrt{2gh}$ hinaus bis zu dem Betrage, welcher der Herstellung und Erhaltung der Kontinuität der Wassersäule entspricht. Dieser Vorgang ist nur dann möglich, wenn das Rohr gegen das Eindringen der Luft oder des Wassers von außen in dasselbe abgedichtet ist.

Da im äußersten Falle die Pressung im Wasser vollständig verschwinden kann und die ganze Atmosphäre oben drückend wirkt so ist die größte überhaupt mögliche Geschwindigkeitshöhe $\frac{u^2_{max}}{2g}$ um $\mathfrak{A}$ größer als die Gefällshöhe h bis zu der betreffenden Stelle. Für $h = 0$ wird aus der obigen Beziehung

$$\frac{u^2_{max}}{2g} = \mathfrak{A} + h,$$

woraus die Geschwindigkeit, welche höchstens eintreten kann,

$$u_{max} = \sqrt{2g\,(\mathfrak{A} + h)}$$

und der dabei zum Durchfluß der Wassermenge Q erforderliche Querschnitt a_{min}

$$a_{min} = \frac{Q}{\sqrt{2g\,(\mathfrak{A} + h)}}$$

folgt.

Kleiner als a_{min} darf man den Querschnitt bei M N nicht machen, es würde sonst bei der größten Geschwindigkeit u_{max} weniger als die sekundliche Wassermenge $Q = A\,.\,U$ durchfließen, welche unten auf die Dauer abfließen soll, auch anfänglich abfließt, und würde das Rohr nicht vollständig bis zum Unterwasser gefüllt bleiben, die Pressung der Atmosphäre dann vom Unterwasser nach M N heraufsteigen und dadurch die Geschwindigkeit und Wassermenge bei M N noch mehr vermindern.

Die Möglichkeit, für das Gefälle h durch eine entsprechende Annahme des Durchflußquerschnitts die Geschwindigkeit des Wassers bis zu der Größe

$$U_{max} = \sqrt{2g(\mathfrak{A} + h)}$$

zu steigern, kann man benutzen, um die dem ganzen Gefälle H zukommende Ausflußgeschwindigkeit $U = \sqrt{2gH}$ bereits in einem Querschnitt des Rohrs oberhalb des Unterwassers eintreten zu lassen. Es muß aber der betreffende Querschnitt M N, der um h unter dem Oberwasserspiegel und um H — h über dem Unterwasserspiegel liege, wegen

$$\sqrt{2gH} \leqq u_{max}$$

$$\sqrt{2gH} \leqq \sqrt{2g(\mathfrak{A} + h)}$$

$$H \leqq \mathfrak{A} + h$$

$$H - h \leqq \mathfrak{A}$$

um weniger als $\mathfrak{A}$ über dem Unterwasser angenommen werden. Die Pressungshöhe des Wassers in dem betreffenden Querschnitte ist dann

$$\mathfrak{h} = (\mathfrak{A} + h) - \frac{U^2}{2g} \text{ oder}$$

$$= \mathfrak{A} + h - H, \text{ d. i.}$$

$$= \mathfrak{A} - (H - h),$$

also um die Gefällshöhe unter der Turbine kleiner als die Atmosphärenpressungshöhe.

Bringt man in dem geschlossenen Rohre an der Stelle, wo die Geschwindigkeit des Wassers bereits $U = \sqrt{2gH}$ beträgt, eine Turbine an, so kann man durch dieselbe die Geschwindigkeit U dem Wasser in derselben Weise entziehen, als ob die Turbine am Unterwasser läge und dort das Wasser mit der Geschwindigkeit U darauf wirkte. Das Wasser tritt dann aus der Turbine mit einer um die Höhe der Turbine über dem Unterwasser geringeren Pressungshöhe als die der Atmosphäre, und erlangt die zum Austritt aus dem Rohre erforderliche Atmosphärenpressung erst durch die Wirkung der Schwerkraft beim Durchsinken des Rohres von der Turbine zum Unterwasser. Eine solche Aufstellung der Turbine gewährt die Vortheile einer Abkürzung der Turbinenwelle, einer passenden Höhenlage der Turbine zum Fabrikgebäude und des Trockenliegens derselben nach erfolgtem Abflusse des Wassers aus dem Rohre. Wegen der Schwierigkeit der dichten Herstellung und Erhaltung des Saugrohres unter der Turbine legt man das Rad nicht höher als etwa 6^m

über das Unterwasser, während man bei vollständig dichtem Rohr bis $A = 10{,}^{m}336$ gehen könnte.

Da die Turbine einen Theil der Leitung vom Oberwasser zum Unterwasser ausmacht und die Ausflußmenge des Wassers von dem Ausflußquerschnitte und der Geschwindigkeit der Turbine bestimmt wird, so hängt die Geschwindigkeit, mit welcher diese Wassermenge dem Rade zugeht, von dem Durchflußquerschnitt unmittelbar vor der Turbine (dem Austrittsquerschnitt des Leitrades) ab. Macht man den Durchflußquerschnitt vor dem Rade so eng, daß das Wasser bereits beim Eintritt in das Rad das ganze Gefälle als Geschwindigkeitshöhe in sich enthält, so besitzt es die Pressung des Unterwassers, mit der es aus dem Turbinenrade treten muß, und kann daher die Geschwindigkeitshöhe nicht mehr im Rade auf Kosten der Pressungshöhe vergrößert werden. Das Wasser gibt seine Geschwindigkeit an das Turbinenrad einfach durch den Druck gegen die gekrümmten Turbinenschaufeln ab, und heißen Turbinen mit dieser Wirkungsweise des Wassers Druckturbinen (Aktionsturbinen nach Rittinger). Wird dagegen der Durchflußquerschnitt vor dem Turbinenrade größer als vorhin gehalten, so ist die Geschwindigkeitshöhe des Wassers kleiner als die Gefällshöhe; der Unterschied beider findet sich im Wasser als Pressungshöhe vor, die noch während der Bewegung des Wassers im Rade in Geschwindigkeitshöhe durch allmähliche Abnahme der Durchflußquerschnitte verwandelt werden muß, damit das Wasser aus dem Rade mit der Pressung des dort befindlichen Unterwassers austritt. Das Wasser wird demnach im Rade noch beschleunigt, und da diese Beschleunigung mit einer Reaktion des beschleunigten Wassers verknüpft ist, welche das Rad außer dem Drucke des Wassers wegen der Schaufelkrümmung mit treiben kann, so nennt man Turbinen mit dieser Wirkungsweise des Wassers Reaktionsturbinen. Zur Ueberführung der Pressung in das Rad ist nach dem früher Gesagten ein allseitig durch Wandung abgeschlossener Wasserstrahl erforderlich, weshalb bei den Reaktionsturbinen der Spielraum zwischen Leitrad und Turbinenrad sehr gering gehalten und theilweise (partielle) Beaufschlagung des Rades (durch Abschluß einzelner Leitkanäle u. s. w.) vermieden werden muß. Dagegen können bei den Druckturbinen isolirte Strahlen aus dem Leitrade in das Turbinenrad treten, weil

ihre Pressung nicht von der des sie umgebenden Unterwassers oder der Luft verschieden und kein Einschluß für sie nöthig ist; man darf daher partielle Beaufschlagung dieser Räder anwenden.

Bewegung des Wassers durch das Turbinenrad. — Das Wasser kann durch das Rad entweder parallel der Axe oder in radialer Richtung fließen und mit den Schaufeln zum Zwecke der Arbeit in Berührung treten; im ersteren Falle kann man die Turbinen zweckmäßig Axialturbinen (Henschel-Jonval, Fontaine u. s. w.), im letzteren Falle Radialturbinen nennen, und zwar mit innerer Beaufschlagung (Fourneyron), wenn sich das Wasser vom Mittelpunkte weg, von innen nach außen bewegt, mit äußerer Beaufschlagung (Francis), wenn die entgegengesetzte Bewegung stattfindet.

Um die folgenden Betrachtungen zu vereinfachen und für alle Turbinen anwendbar zu machen, möge von der Kreisbewegung der Schaufeln abgesehen und dafür eine geradlinige (die Kreisbewegung tangirende) gesetzt werden.

Es sei A C (Fig. 4, Taf. 136) die Bewegungsrichtung des Rades und A B die Richtung eines Wasserelements unmittelbar vor dem Eintritt in das Rad, der Winkel beider Richtungen werde mit α bezeichnet. Die Eintrittsgeschwindigkeit $U = AB$ des Wassers kann man sich ersetzt denken durch $U . \cos \alpha = AS$ in der Radbewegungsrichtung und $U . \sin \alpha = AT$ normal dazu. Während $U . \cos \alpha$ zum Treiben des Rades verwandt werden kann, dient $U . \sin \alpha$ zur Fortbewegung des Wassers durch das Rad und geht der Wirkung auf das Rad verloren. Um daher die Geschwindigkeit des Wassers möglichst auszunutzen, ist $U . \sin \alpha$ klein zu machen, was durch einen kleinen Winkel α erreicht wird und auf die Nothwendigkeit der Leitkurven führt, weil ohne dieselben das Wasser einfach auf dem kürzesten Wege mit $\alpha = 90^\circ$ ankommen würde. Sehr wenig gegen die Radbewegungsrichtung geneigte Leitschaufeln haben den Nachtheil, starke Querschnitte in der Radebene und deßhalb starke Unterbrechungen des Strahls zu liefern, wodurch Stöße und Störungen in der Bewegung des Wassers beim Uebergange in das Turbinenrad entstehen. Man kann nun beim Eintritt $U . \sin \alpha$ größer nehmen, wenn man während der Bewegung durch das Rad die Durchflußgeschwindigkeit nicht durch konstanten Durchflußquer-

schnitt normal zur Richtung von $U \cdot \sin \alpha$ ungeändert erhält, sondern vermittelst einer *allmählichen Erweiterung dieses Durchflußquerschnittes* gegen den Austritt hin herabzieht, wodurch die Treibkomponente der Wassergeschwindigkeit im Rade entsprechend wächst. Bei den Axialturbinen muß zur Herstellung einer solchen Erweiterung des hier kreisringförmigen Durchflußquerschnitts die Radbreite (Differenz zwischen dem äußeren und dem inneren Halbmesser) in der Richtung der Wasserbewegung zunehmen (Fig. 10 und 11, Taf. 136), ebenso bei den Radialturbinen mit äußerer Beaufschlagung (Fig. 2, Taf. 137) die Höhe des Rades (Entfernung der beiden Radkronen), während bei den Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung (Fig. 1, Taf. 137, wie auch Fig. 9, Taf. 505 des Hauptwerks) schon bei konstanter Radhöhe eine Vergrößerung des zylindermantelförmigen Durchflußquerschnittes eintritt. Da bei den Reaktionsturbinen U, folglich bei demselben Winkel α auch $U \cdot \sin \alpha$, bedeutend kleiner ist als bei den Druckturbinen unter denselben Umständen, so kann bei den ersteren eine Querschnittserweiterung unterlassen werden.

Kommt es darauf an, eine vorhandene Wasserkraft so stark als möglich auszunutzen, so kann man durch einen großen Ausflußquerschnitt der Turbine eine geringe verlorene Ausflußgeschwindigkeit herstellen. Dieses Mittel hat aber sehr große Räder mit bedeutender Schaufelzahl und somit große Kosten zur Folge. Billiger läßt sich bei kleineren Turbinen jedes Systemes bei vollem Ausflusse des Wassers aus denselben ein gleiches Resultat durch Anbringung eines *Diffusers* erreichen, der in einem schlichten Leitungsgehäuse mit allmählich sich erweiterndem Durchflußquerschnitte vom Turbinenausfluß bis ins Unterwasser hinein besteht (Fig. 12, Taf. 136 und Fig. 1^c und 2, Taf. 137). Bei Ausfüllung der Diffuserquerschnitte durch das abfließende Wasser wird die beim Austritt aus der Turbine noch vorhandene Geschwindigkeitshöhe allmählich vermindert und in Pressungshöhe umgesetzt. Da die Pressungshöhe beim Austritt aus dem Diffuser die des Unterwassers oder der Atmosphäre ist, so wird diejenige hinter der Turbine, wenn man von der Wirkung des Gefälles bei verschiedener Höhenlage der in Betracht kommenden Querschnitte absieht, um den Betrag der im Diffuser umgesetzten Geschwindigkeitshöhe kleiner sein, als die das

Unter- und Oberwasser belastende Atmosphärenpressungshöhe, und diese Differenz vergrößert die Geschwindigkeit des Wassers beim Durchfluß durch die Turbine und somit den Effekt des Rades gerade so, als ob ohne den Diffuser das Gefälle um den gleichen Betrag erhöht wäre. Einen solchen Diffuser brachte Boyden zuerst bei den Fourneyron'schen Rädern (Taf. 505, Fig. 9 des Hauptwerkes und Fig. 1[c], Taf. 137 dieser Supplemente) an. Sehr bequem für die Anwendung der Diffuser sind die Turbinen mit Saugrohr, weil dieses den größeren Austrittsquerschnitt bereits liefert und nur die allmähliche Ueberführung des Turbinenausflußquerschnitts in den Saugrohrquerschnitt herzustellen ist (Fig. 12, Taf. 136 und Fig. 2, Taf. 137).

Führt man das Wasser mit der Geschwindigkeit $V = AB$ unter dem Winkel α gegen die Bewegungsrichtung des Rades ein, so kann man sich auch AB in die Geschwindigkeiten AC und AD nach dem bekannten Parallelogramm der Geschwindigkeiten zerlegt denken, wovon die erstere der Richtung und Größe nach mit der Radgeschwindigkeit v zusammenfällt. Die Geschwindigkeit AC wird von dem Wassertheilchen aufgewandt, um dem Rade zu folgen und während der ganzen Bewegung durch das Rad unverändert erhalten bleiben, nicht allein unter der gemachten Voraussetzung einer geradlinigen Schaufelbewegung, sondern auch bei der Kreisbewegung der Axialturbinen, wenn sich wie gewöhnlich das Wassertheilchen in derselben Entfernung von der Drehaxe hält. Für die relative Bewegung des Wassers im Rade kommt nur die Geschwindigkeit $u = AD$ in Betracht. Damit das Wasser ohne Bewegungsstörung durch Stoß gegen die Schaufel, also mit seiner vollen Geschwindigkeit und Arbeitsfähigkeit in das Rad eintreten kann, muß bei allen Turbinen die Schaufel nach der Richtung der relativen Geschwindigkeit $u = AD$ beginnen. Hiernach würden sich für verschiedene Radgeschwindigkeiten verschiedene Schaufelneigungen finden; selbstverständlich kann nur eine derselben ausgeführt werden, und bestimmt man diese für diejenige Geschwindigkeit des Rades, bei welcher die sonstigen Effektverluste beim Austritt u. s. w. möglichst geringe werden, für die sogenannte vortheilhafteste Geschwindigkeit, mit der man das Rad auch später laufen läßt. Die Form der Schaufel fällt bei Druckrädern und Reaktionsrädern verschieden aus.

Schaufelform und Eigenschaften der Druckturbinen. — Hier geht das Wasser durch das Rad mit der konstanten Pressung des Unterwassers unmittelbar beim Rade und findet keine Beschleunigung des Wassers im Rade durch Pressungsverwandlung statt. Bei Aufstellung einer geradlinigen Schaufel in der Richtung A D im Rade würde das Wasser ungehindert an derselben mit der Geschwindigkeit u hingehen, denn aus der Zusammensetzung der gleichförmigen Radbewegung mit der Geschwindigkeit v und der gleichförmigen relativen Wasserbewegung mit der Geschwindigkeit u entsteht die gleichförmige absolute Bewegung mit der Geschwindigkeit U wieder, die das Wasser ohne Schaufel verfolgt, wenn von dem Einflusse der Schwerkraft auf dem kurzen Wege bei Axialturbinen abgesehen wird. Soll nun das Wasser auf die Schaufel drücken, dieselbe treiben, so muß man die Schaufelform von der Geraden A D F abweichend nehmen, und zwar zur Vermeidung plötzlicher Richtungsänderungen sanft gekrümmt. Das erste Element der Schaufelkurve ist, zur Verhinderung eines Stoßes und des daraus folgenden Effektverlustes beim Eintritt, tangential zu A D zu legen, und dann ist die Schaufel in ihrem weiteren Verlaufe A J M so zu krümmen, daß ihre Richtung beim Austritt der Radbewegungsrichtung beinahe entgegengesetzt ist, damit die absolute Geschwindigkeit des Wassertheilchens, d. i. die Resultirende aus der relativen Wassergeschwindigkeit und der Radgeschwindigkeit, klein ausfällt. Durch den Druck der gekrümmten Schaufel wird das Wasser gezwungen, sich relativ im Rade längs der Schaufel A J M zu bewegen, und da dieser Druck stets normal zur relativen Bahn wirkt, so kann er die Geschwindigkeit der relativen Bewegung nicht abändern, das Wasser geht demnach mit konstanter Geschwindigkeit u durch das Rad. Wegen der Gleichheit von Druck und Gegendruck übt dabei das Wasser an jeder Stelle der Schaufel einen Gegendruck auf dieselbe aus und die Komponenten dieser Drücke in der Richtung der Radbewegung treiben das Rad.

Im Augenblicke des Austritts bei M besitzt das Wasser die Geschwindigkeiten M N = v und M O = u, deren Resultirende M P = w die wirkliche Geschwindigkeit liefert, mit welcher das Wasser sich aus dem Rade entfernt und die sonach für die Wirkung auf das Rad verloren geht. Wenngleich diese Geschwindigkeit w klein

gehalten werden soll, so kann sie doch nicht unter die Größe sinken, welche zum Durchfließen des reinen Durchflußquerschnitts der Turbine für die beaufschlagte Wassermenge in der Richtung der Wasserbewegung, also normal zur Radbewegung, erforderlich ist. Durch eine Neigung zur Radbewegung die Geschwindigkeit w größer werden zu lassen als den angegebenen Minimalwerth, ist natürlich unvortheilhaft, denn bei einer Richtung wie MP_1 gibt w durch Zerlegung außer der nöthigen Geschwindigkeit MP normal zur Radbewegung noch eine Geschwindigkeit im Sinne der Radbewegung, die durch das Rad hätte benutzt werden können, und bei einer Richtung wie MP_2 muß dem Wasser eine der ursprünglichen Bewegung entgegengesetzte Geschwindigkeit erst durch einen Druck der Schaufel mitgetheilt werden, was zweckmäßiger wegen der damit verknüpften Hemmung des Rades unterblieben wäre.

Aus dem rechtwinkligen Dreiecke MOP findet sich

$$\overline{MP} = \overline{OP} \cdot \operatorname{tg} M\widehat{O}P, \text{ d. i.}$$

$$w = v \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

$$\text{und } MO = \frac{\overline{OP}}{\cos M\widehat{OP}}, \quad \text{d. i. } u = \frac{v}{\cos \gamma},$$

worin γ den Winkel der Schaufel mit der Radbewegungsrichtung beim Austritt bezeichnet. Ein kleines w bedingt ein kleines γ, und da der Cosinus eines kleinen Winkels nahe gleich eins ist, so darf

$$u = v$$

genau genug gesetzt werden. Dies aber hat zur Folge, daß das Parallelogramm ACBD für den stoßlosen Eintritt des Wassers in das Rad ein Rhombus und $\angle DAB = \angle BAC$ wird, mithin bei den Druckturbinen $\angle CAD = 2\alpha$ und der Winkel β der Druckseite der Schaufel mit der Radbegrenzung

$$180^0 - 2\alpha$$

ausfällt, wenn der Eintritt des Wassers in das Rad möglichst ohne Stoß und zugleich der Austritt desselben normal zur Radbewegungsrichtung erfolgen, der Gang der Turbine am günstigsten für die Effektaufnahme aus dem Wasser sein soll.

Aus dem Rhombus ACBD ergibt sich noch für die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Rades

$$v = \frac{U}{2 \cos \alpha}$$

oder, da α klein ist, hinlänglich genau

$$v = \frac{U}{2} = 0{,}5 \sqrt{2gH}.$$

Mit Beachtung der Widerstände in der Bewegung des Wassers würde sich v ein wenig kleiner, $0{,}45 \sqrt{2gH}$, gefunden haben.

Bisher sind hinsichtlich der Schaufelform nur die Bedingungen ausgesprochen worden, daß die Schaufel unter den Winkeln β und γ die Radbegrenzung zu durchschneiden und in ihrem Verlaufe scharfe Krümmungen zu vermeiden hat, damit das Wasser ohne Störung der Schaufel zu folgen vermag. In der That ist die sonstige Gestalt der Schaufel willkürlich; ob die Schaufel im ganzen Verlauf gleichmäßig oder verschieden stark vom Wasser gedrückt wird, ist für das Endresultat der Geschwindigkeitsabnahme aus dem Wasser, bei Beachtung der obigen Bedingungen, gleich. Man kann indessen ganz zweckmäßige Annahmen über die Schaufelform machen und danach dieselbe konstruiren. So ist es z. B. ganz entsprechend, den Schaufeldruck und den Krümmungswiderstand durch den ganzen Weg gleich und sonach bei gegebener Schaufellänge am kleinsten zu halten, was wegen der konstanten relativen Wassergeschwindigkeit der Druckturbinen bei einem Kreisbogen stattfindet, der sich auch durch die leichte Verzeichnung empfiehlt. Diesen Kreisbogen läßt man zweckmäßig nicht bis zu den Radbegrenzungen gehen, sondern stellt die Enden der Schaufel geradlinig bis zur Normalen auf das gerade Stück durch den Endpunkt der folgenden Schaufel her, um den Eintritt des Wassers unter demselben Winkel zu begünstigen und namentlich den Austritt ohne Kontraktion zu haben. (Bei den Radialturbinen müssen statt der Geraden passende Kreisbögen genommen werden.)

Zu einer richtigen Einsicht in die Bewegung des Wassers durch die Turbine ist die Verzeichnung des Weges, welchen das Wasser wirklich im Rade zurücklegt, des sogenannten absoluten Wasserweges, aus dem relativen Wege des Wassers an der Schaufel und der Schaufelbewegung nicht ohne Nutzen. Man nehme zu diesem Zwecke auf der Schaufel verschiedene Punkte J . . . (Fig. 4, Taf. 136)

in hinreichend kleiner und der Einfachheit wegen unter sich gleicher Entfernung von A bis M an. Ein Wassertheilchen braucht zur relativen Bewegung von A bis J die Zeit $\frac{\overset{\frown}{AJ}}{u}$ Sekunden, während dieser Zeit ist aber der Schaufelpunkt J bei der Geschwindigkeit v der Schaufelbewegung um $\overline{JK} = v \cdot \left(\frac{\overset{\frown}{AJ}}{u}\right) = \left(\frac{v}{u}\right) \cdot \overset{\frown}{AJ}$ weiter gekommen und befindet sich also mit dem Wassertheilchen in K. Zur Bestimmung der Schaufelpunktwege hat man einfach die zugehörigen relativen Wasserwege im Verhältnisse $\frac{v}{u}$ zu reduziren. Die Konstruktion einer genügenden Zahl der Punkte K liefert den absoluten Wasserweg AKW, der in dem Falle $v = u$ eine gemeine Zykloide ist. Die Einwirkung der sich bewegenden Schaufel auf das Wasser besteht darin, dasselbe von der angestrebten geradlinigen Bahn AHL in die Bahn AKW zurückzudrängen, was natürlich nur durch einen auf das Wasser von der Schaufel ausgeübten Druck geschehen kann, der einen gleichen das Rad treibenden Gegendruck des Wassers gegen die Schaufel zur Folge hat. Mitunter wird die Form des absoluten Wasserweges nach gewissen Bedingungen, wie z. B. eine gleichmäßige Abnahme der Triebgeschwindigkeit, zuerst verzeichnet und dann aus demselben rückwärts die Schaufelform konstruirt; man sehe darüber einen Aufsatz von Wiebe in der Zeitschrift „Civil-Ingenieur," Bd. 5, und in Rittingers „Rohrturbinen," 2. Aufl., nach.

Die Betrachtung der durch die Schaufeln gebildeten Radkanäle (Fig. 5, Taf. 136) zeigt, daß die Durchflußquerschnitte zwischen den Schaufeln von überall gleicher Stärke sich vom Eintritt zur Mitte des Rades bedeutend erweitern und dann nach dem Austritt zu wieder verengen, während das Wasser bei der konstanten relativen Geschwindigkeit auch konstante Querschnitte annehmen muß, und daher die zu großen Querschnitte in der Mitte nicht ausfüllen kann. Bei dem Gang der Turbine in freier Luft wird sich in dem Raume L zwischen dem Wasserstrahl und der Rückseite der Schaufel die Luft halten und den die Atmosphärenpressung besitzenden Wasserstrahl in seiner Druckwirkung auf die hohle Seite der Schaufel nicht

stören, höchstens wird die Zentrifugalkraft bei Axialturbinen das Wasser etwas nach außen drängen, ohne den Wirkungsgrad erheblich zu schwächen. Girard bringt sogar kleine Oeffnungen L in der Radwand an, um eine Verbindung mit der äußeren Luft herzustellen und dadurch die Erhaltung der Atmosphärenpressung in dem Schaufelraume zu sichern. Für den Gang im Unterwasser sind aber solche von dem Wasser in seiner regelmäßigen Bewegung nicht gefüllte Schaufelräume höchst nachtheilig, sie führen zu einer unregelmäßigen, den Wirkungsgrad schwächenden Bewegung des Wassers durch den Stoß desselben gegen das in den Räumen sich befindende Unterwasser. Derartige Druckturbinen können daher nicht im Unterwasser gehen, sie müssen über dem höchsten Unterwasserstande laufen, wodurch namentlich bei veränderlichem Unterwasserstande ein Gefällverlust entsteht, der bei kleinen Gefällen wohl zu beachten ist, wenn er auch bei hohen Gefällen nicht ins Gewicht fällt.

Die Zulässigkeit partieller Beaufschlagung ist schon früher nachgewiesen worden; so lange der Strahl dabei noch so stark bleibt, daß er von dem Stoße gegen die Radschaufeln nicht zu sehr leidet, wirkt er durch Druck auf die Schaufeln in gleicher Weise wie bei voller Beaufschlagung; nur an den Strahlgrenzen kann durch die Schaufelstöße etwas Wasser versprühen, und der Wirkungsgrad bleibt daher für veränderliche Wassermengen nahe derselbe wie bei Vollturbinen. Diese schätzenswerthe Eigenschaft wird auch durch die Erfahrung bestätigt und verleiht den Druckturbinen namentlich für hohe Gefälle, welche in der Regel mit veränderlichen Wassermengen verbunden sind, großen Werth.

Bei der partiellen Beaufschlagung der Turbinen ist darauf zu sehen, daß der Austritt des Wassers aus den unter dem Einlaufe eben gefüllten Radkanälen nicht durch eine Luftverdünnung in den darüber befindlichen Leitradkanälen gehemmt werde, da der in einem Radkanale niedersinkende Wasserkörper wie der Kolben einer Luftsaugpumpe wirkt. Man muß deßhalb eine Ventilation der geschlossenen Leitradzellen anbringen, der äußeren Luft durch seitlich in die Leitkanäle mündende Gasröhren V, die bis über den Oberwasserspiegel geführt werden (Fig. 11, Taf. 136), oder durch hohle Schieberstangen V (Fig. 9, Taf. 136) den Zutritt gestatten.

Girard hat bei kleinen Gefällen zur Vermeidung des Gefällverlustes durch die Lage der Turbine über dem Unterwasser und Ermöglichung der partiellen Beaufschlagung die Hydropneumatisation angewendet. Dabei wird die unter dem Unterwasserspiegel liegende Turbine von einem luftdichten Kasten umgeben, der genügend tief in das Unterwasser eintaucht, und durch eine von der Turbinenwelle aus bewegte Luftkompressionspumpe die Luft in dem Kasten so stark komprimirt, daß sie den Unterwasserspiegel im Kasten durch ihren Druck bis unter die Ausflußöffnungen der Turbine senkt. Diese Einrichtung ist aber zu komplizirt und deßhalb der folgende, von Rittinger und Hänel angegebene Weg, die Druckräder zum Gange im Unterwasser zu befähigen, vorzuziehen.

Begrenzt man den vom Wasser in seiner regelmäßigen Bewegung benutzten Kanalraum durch die Schaufel, indem man entweder Schaufeln von ungleicher Stärke, Sackschaufeln nach Rittinger (Fig. 5ᵃ, Taf. 136), oder eine zweite Schaufel für die hohle Wasseroberfläche, Rückschaufel nach Hänel (Fig. 5ᵇ, Taf. 136), ausführt, so kann bei vollständiger Füllung des Kanals mit dem Triebwasser eine schädliche Anwesenheit und Einwirkung des Unterwassers nicht eintreten und die Turbine vermag daher beliebig tief im Unterwasser ohne Schwächung des Effekts zu gehen. Bei partieller Beaufschlagung muß allerdings erst beim Beginn der Beaufschlagung das Unterwasser durch den Stoß des Triebwassers gegen dasselbe aus den Kanälen entfernt werden, was mit einem geringen Effektverlust verknüpft ist; dann geht aber die Bewegung des Wassers durch die Kanäle ganz regelmäßig vor sich. Vermeidet man die unnöthige Wiederholung der Unterwasserverdrängung durch Zusammenlegung der beaufschlagten Kanäle bei kleineren Wassermengen auf eine Stelle, oder bei größeren Wassermengen zur Umgehung des seitlichen Zapfendrucks auf zwei diametral gegenüber liegende Stellen, so wird eine Verminderung des Wirkungsgrades nur bei ganz geringer Beaufschlagung fühlbar. Versuche haben gezeigt, daß von der Beaufschlagung des vollen Leitradumfangs bis zu der des vierten Theiles hin der Wirkungsgrad fast konstant nahe 0,7 bleibt, selbst bei schwächeren Beaufschlagungen auch nur wenig abnimmt, und mit diesem Resultat kann man wohl zufrieden sein. Da die Herstellung dieser Sack- oder Rückschaufeln komplizirter und kost-

spieliger ist als die der einfachen Druckschaufeln, so wird man zweckmäßig ihre Anwendung auf kleine Gefälle beschränken und für hohe Gefälle, bei denen der Effektverlust durch Freihängen der Räder nicht beachtenswerth ist, den einfachen Druckschaufeln den Vorzug geben.

Schaufelform und Eigenschaften der Reaktionsturbinen. — Das Wasser tritt bei den Reaktionsrädern mit einer geringeren Geschwindigkeit U als bei den Druckrädern aus dem Leitrade, wird aber im Rade noch beschleunigt und erlangt erst kurz vor dem Austritte die dem Gefälle entsprechende relative Geschwindigkeit u_1, so daß die vortheilhafteste Geschwindigkeit v des Rades, welche auch hier der Geschwindigkeit u_1 aus dem bei den Druckturbinen angegebenen Grunde nahe gleich, und unter einem kleinen spitzen Winkel γ entgegengesetzt gerichtet sein muß, nicht bedeutend von dem früheren Werth bei Druckrädern unter gleichen Verhältnissen abweicht. Die Geschwindigkeit U wird gewöhnlich dem halben Gefälle entsprechend, also $\sqrt{2g\frac{H}{2}} = 0{,}7\sqrt{2gH}$, d. i. etwa 0,7 des Werthes bei Druckturbinen, genommen, die Wirkung der andern Gefällshälfte geht in der Form von Pressung in das Rad über. Für den stoßlosen Eintritt des Wassers in das Laufrad ist durch die Konstruktion des Parallelogrammes ACBD aus dem Werthe U = AB (Fig. 6, Taf. 136) als Diagonale und v = AC als Seite die Stellung der Radschaufel nach der andern Seite AD zu bestimmen. Vergleicht man die in der Figur auch für Druckturbinen wieder angegebene Konstruktion des Parallelogramms ACBD mit der von ACBD, so findet sich sofort, daß der Winkel der Druckseite der Schaufel mit der Radbewegungsrichtung bei den Reaktionsturbinen für den vortheilhaftesten Gang kleiner als bei den Druckturbinen, d. i.

$$\beta < 180^0 - 2\alpha$$

sein muß, und zwar um so kleiner, je geringer der Werth von U angenommen, je stärker also das Wasser mit Pressung in das Rad eingeführt wird und hier mit Reaktion zu arbeiten hat.

Aus der Fig. 6 ergibt sich auch

$$v = U \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}.$$

Gewöhnlich nimmt man $\alpha + \beta = 90^0$, was nach der Theorie den oben angegebenen Werth von $U = 0{,}7 \sqrt{2gH}$ zur Folge hat, und erhält dann

$$v = \frac{U}{\sin \beta}$$

oder, da β zu etwa 65^0 bei α etwa 25^0 üblich und $\sin 65^0 = 0{,}9$ ist

$$v = 1{,}1 \,.\, U = 1{,}1 \,.\, 0{,}7 \sqrt{2gH} = 0{,}77 \sqrt{2gH}.$$

Mit Beachtung der Widerstände findet sich der vortheilhafteste Werth der Radgeschwindigkeit geringer, und zwar zu

$$v = 0{,}6 \sqrt{2gH}.$$

Dieser Werth ist größer als der für Druckräder gefundene $0{,}45 \sqrt{2gH}$, und erfordern daher die Reaktionsräder einen rascheren Gang als die Druckräder. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes würde in Fig. 6, Taf. 136 β noch etwas kleiner geworden sein.

Der kleine Werth von β bei den Reaktionsrädern macht die auch hier ziemlich willkürliche Krümmung der Schaufel verhältnißmäßig viel schwächer als bei Druckrädern, und brauchen die Reaktionsräder nicht so hoch gebaut zu werden als die Druckräder, um eine für die Wasserbewegung genügend schwache Schaufelkrümmung zu erhalten. Sodann ergibt sich, sobald β kleiner als 90^0 gewählt wird (Fig. 6[a], Taf. 136), eine stetige Abnahme der Durchflußquerschnitte der Radkanäle schon bei konstanter Schaufelstärke in der Richtung der mit zunehmender relativer Geschwindigkeit stattfindenden Wasserbewegung durch das Rad, und sind daher störende Einflüsse des Unterwassers auf die Bewegung des die Kanäle vollständig füllenden Wassers nicht möglich. Reaktionsturbinen können daher im Unterwasser vortrefflich arbeiten und somit selbst bei veränderlichen Gefällen das ganze Gefälle ausnutzen, wenn man sie ins niedrigste Unterwasser legt. Die Erfahrung bestätigt diese Angabe.

Dagegen tritt der große Uebelstand auf, daß eine partielle Beaufschlagung der Reaktionsräder durchaus unthunlich ist. An den nicht durch die Kanalwandung im Laufrade vollständig begrenzten Stellen des eintretenden Wasserkörpers wird die Pressung des ihn umgebenden Unterwassers oder der Luft herrschen,

und demnach werden hier die Wasserfäden die dem ganzen Gefälle entsprechende Geschwindigkeit wie bei den Druckrädern, aber zum Theil in von den Leitschaufeln abweichenden Richtungen, erlangen. Für eine vortheilhafte Entnahme der Arbeit aus den mit dieser Geschwindigkeit in der Richtung der Leitschaufeln sich bewegenden Wassertheilchen hätte man die Schaufelung der Druckräder nöthig, die Reaktionsschaufeln aber geben wegen des stattfindenden heftigen Stoßes einen schlechten Wirkungsgrad, der durch die in unregelmäßigen Richtungen bewegten Wassertheilchen noch verkleinert wird. Nur in der Mitte eines starken nicht allseitig begrenzten Strahles ist es möglich, das Wasser mit Pressung und geringer Geschwindigkeit in das Rad einzuführen und durch die Reaktionsschaufelung gut zu benutzen. Erfahrungsmäßig sinkt auch mit der Abnahme des beaufschlagten Theiles des Rades der Wirkungsgrad der Reaktionsräder rasch, und beträgt z. B. bei dem vierten Theile der vollen Durchflußöffnung kaum noch 0,4 (nicht viel mehr als bei den unterschlägigen Wasserrädern), während gute Vollturbinen mindestens 0,7 liefern.

Man hat auch versucht, bei veränderlichen Wassermengen die Kanäle der für die größte Wassermenge berechneten Vollturbine gefüllt zu erhalten, um eine von der der Atmosphäre oder des Unterwassers abweichende Pressung des Wassers in das Rad überführen zu können, und zwar durch Anbringung eines Schützens am Ausfluß des Abfallrohrs der Turbine zum Unterwasser (Fig. 12, 13, 15, Taf. 136). Stauet man zunächst das Wasser vom Unterwasser bis zum Oberwasser durch vollständigen Schluß des Schützens auf, und öffnet nun den Schützen nicht weiter als zum Abfluß einer der zufließenden gleichen Wassermenge nöthig ist, so bleiben sämmtliche Durchflußkanäle gefüllt und das Wasser bewegt sich mit einer der durchgehenden Wassermenge entsprechenden Geschwindigkeit durch dieselben. Aber nur die geringe Gefällshöhe, welche dann der kleinen Durchflußgeschwindigkeit entspricht, kann im Rade nutzbar gemacht werden, während der übrige Theil des Gefälles als Pressungshöhe unbenutzt durch das Rad geht und erst beim Ausfluß aus dem Schützen zur Ertheilung einer großen Ausflußgeschwindigkeit des Wassers dient.

Wollte man z. B. auf diese Weise eine Turbine mit der Hälfte

der bei der Berechnung der Vollturbinen zu Grunde gelegten Wassermenge beaufschlagen, so könnte das Wasser nur mit der halben normalen Geschwindigkeit durch das Rad fließen und von dem Gefälle zur Ertheilung dieser Geschwindigkeit nur $(^1/_2)^2$ oder $^1/_4$ zur Wirkung kommen, während das Wasser $^3/_4$ des Gefälles als Pressungshöhe beim Abfluß noch enthielte. Zur vortheilhaften Abnahme der Geschwindigkeit durch das Rad müßte sich hierbei dasselbe nur mit der halben normalen Geschwindigkeit bewegen (was meistens für den Betrieb einer Fabrik unzulässig sein wird), und würde dann bei der halben Wassermenge nur $^1/_4$ des sonst nutzbar gemachten Gefälles, also $^1/_2 \cdot {}^1/_4 = {}^1/_8 = (^1/_2)^3$ des normalen Nutzeffekts durch die Turbine gewonnen werden können, d. h. der Nutzeffekt würde im kubischen Verhältnisse der Wassermengen fallen. Noch ungünstiger gestaltet sich die Sache, wenn die normale Radgeschwindigkeit beibehalten werden muß. Hieraus sieht man, daß ein solcher Schützen nicht zur Regulirung der Wassermenge, sondern nur zum vollständigen Abschluß des Wassers zu gebrauchen ist.

Der einzig richtige Weg zur Benutzung veränderlicher Wassermengen durch Reaktionsturbinen ist die gleichzeitige Veränderung der sämmtlichen Durchflußkanalquerschnitte in ihrem ganzen Verlaufe durch Leitrad und Laufrad, proportional der zu benutzenden Wassermenge; dann bleiben überall die richtigen Geschwindigkeiten erhalten und folglich ändert sich auch der Wirkungsgrad nicht. Am besten wird dies bei den Radialturbinen durch eine parallel der Achse bewegliche Krone erreicht, und ist diese Einrichtung von Laurent und Deckherr (siehe Armengaud, Publication industrielle, Vol. 6), auch neuerdings von Nagel in Hamburg ausgeführt worden. Diese Einrichtung ist Fig. 1, Taf. 137 abgebildet und wird weiter unten beschrieben werden. Die Konstruktion fällt aber sehr komplizirt aus, und hat man sich vielfach mit der Anbringung fester Zwischenkronen begnügt, die dann auch für bestimmte, gerade zur Füllung der einzelnen Abtheilungen nöthigen Wassermengen passen, für die dazwischen liegenden Wassermengen aber nur unvollkommen wirken.

Jedenfalls ist es gerathen, bei veränderlichen Wassermengen statt der Reaktionsturbinen Druckturbinen anzuwenden, wenn man mehrere Turbinen, für verschiedene Wassermengen berechnet, der Kostspieligkeit halber nicht anlegen will.

Von der oben begründeten Eigenschaft der Reaktionsräder, eine etwa im Verhältniß von 4 zu 3 größere vortheilhafte Radgeschwindigkeit als die Druckräder zu haben, läßt sich bei den Axialturbinen eine zweckmäßige Verwendung machen, um mit einem Turbinenbau die veränderlichsten Wassermengen vortheilhaft zu benutzen, indem man eine sogenannte Doppelturbine (Fig. 9, Taf. 136) baut, bei welcher der äußere Kranz als Reaktionsrad und der innere als Druckrad hergestellt wird. Man schließt für kleine Wasserquantitäten das Reaktionsrad durch Niederlassen eines Ringes S_1 auf die Leitradkanäle desselben ganz ab, und benutzt das Druckrad durch Oeffnung einer der vorhandenen Wassermenge entsprechenden Anzahl Leitkanäle. Nachdem die zur vollen Beaufschlagung des Reaktionskranzes erforderliche Wasserquantität erreicht ist, läßt man nach Erhebung des Ringes S_1 dieselbe durch das Reaktionsrad gehen und schließt die Druckradleitkanäle ab; bei weiterer Steigerung des Wasserzuflusses endlich können dann die Leitkanäle des Druckrades nach Bedürfniß wieder geöffnet werden. Druck- und Reaktionskranz arbeiten dabei gleichzeitig mit der vortheilhaften Geschwindigkeit, wenn man die Berechnung richtig ausgeführt hat.

Vergleichung der verschiedenen Turbinensysteme. — Ohne Rücksicht auf die schädlichen Widerstände durch Stoß, Reibung u. s. w., welche das Wasser in seiner Bewegung vom Oberwasser durch die Turbine zum Unterwasser erleidet, arbeiten unter den günstigen Umständen der vollen, richtig geleiteten Beaufschlagung und der vortheilhaften Radgeschwindigkeit alle Turbinen gleich günstig, mögen sie nun Reaktions- oder Druckräder, Axial- oder Radialturbinen sein, d. h. es läßt sich bei allen Turbinen das Gefälle bis auf eine der beliebig festzusetzenden Ausflußgeschwindigkeit entsprechende Höhe durch gleichen Durchflußquerschnitt des austretenden Wassers normal zur absoluten Austrittsgeschwindigkeit benutzen. Unterschiede in dem Wirkungsgrade können dann nur in den Widerständen begründet liegen, und diese sind bei sonst gleichem Systeme der Turbine in den Reaktionsrädern kleiner als in den Druckrädern, wegen der kleinern Werthe der Wassergeschwindigkeiten, und bei den Axialturbinen außerdem noch wegen der Störungen in der Wasserbewegung durch die Zentrifugalkraft, welche bei den Druckrädern ohne Rückschaufeln das Wasser in der sackförmigen Er-

weiterung nach außen schiebt. In der That geben auch Reaktionsturbinen etwas höhere Wirkungsgrade und sind deßhalb vortheilhafter als Druckturbinen, leider nur für konstante Wassermengen. Sobald die durch die Turbine nutzbar zu machende Wasserquantität veränderlich ist, muß nach dem Früheren eine Druckturbine gebaut werden, wenn man nicht zur Herstellung einer beweglichen Zwischenkrone greifen will.

Hinsichtlich der Bewegungsrichtung des Wassers durch das Rad stehen die Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung wegen der vielfachen Richtungsänderungen in der Wasserbewegung, und namentlich wegen der nachtheiligen Divergenz der Wasserstrahlen beim Austritte aus dem Leitrade am ungünstigsten da, doch ist ihr Wirkungsgrad nicht erheblich kleiner als bei den viel größer ausfallenden Radialturbinen mit äußerer Beaufschlagung oder bei den das Wasser am naturgemäßesten leitenden Axialturbinen. Eine schmale Kranzbreite zur Vermeidung zu ungleicher Geschwindigkeit und Pressung der in verschiedener Entfernung von der Drehaxe laufenden Wassertheilchen ist bei den Axialturbinen Bedingung für einen guten Wirkungsgrad.

Mehr ins Gewicht fallend als die Differenz im Wirkungsgrade, ist die im Vergleich mit den Radialturbinen einfachere Ausführung und Aufstellung der Axialturbinen, und macht diese praktische Rücksicht die jetzt vorherrschende Anwendung der Axialturbinen erklärlich.

Nachdem das allen Turbinen Gemeinsame behandelt worden ist, soll eine speziellere Beschreibung der einzelnen Turbinen folgen, die sich zunächst in zwei Klassen theilen, je nachdem sie ohne oder mit Leitschaufeln hergestellt sind.

A. Turbinen ohne Leitschaufeln.

Will man an Anlagekosten sparen und dafür an Nutzeffekt einbüßen, so kann man den Leitapparat für die Turbine fortlassen; das Wasser fließt dann auf dem kürzesten Wege dem Rade zu, der Winkel α (Fig. 6, Taf. 136) wird zu 90° und statt der früheren Komponente U sin α wird jetzt die ganze Zuflußgeschwindigkeit U zur Durchflußgeschwindigkeit des Wassers durch das Rad, die vermittelst Raderweiterung nur wenig vermindert und in Treibge-

schwindigkeit umgesetzt werden kann, also zum größten Theil verloren ist. Soll daher der Effekt eines solchen Rades einigermaßen befriedigen, so muß man die Zuflußgeschwindigkeit durch einen großen Radquerschnitt sehr gering machen und das Wasser mit starker Pressung in das Rad führen, die dann im Rade durch Verkleinerung der Kanalquerschnitte vermöge der Schaufelkrümmung in Geschwindigkeit mit entsprechender Reaktion umgesetzt wird und das Rad treibt. Man muß also diese Räder als Reaktionsräder bauen, wodurch ihre Verwendbarkeit bei veränderlichen Wassermengen sehr leidet. Obgleich diese Räder mit axialer und radialer Wasserbewegung hergestellt werden können, hat doch nur die schottische Turbine mit radialem Wasserstrom (von Whitelaw nach dem Segner'schen Rade ausgebildet) ihrer Einfachheit wegen für große Gefälle und kleine Wassermengen einige Verbreitung gefunden.

Die schottische Turbine gibt bei zweckmäßiger Konstruktion einen Wirkungsgrad von etwa 0,6; in Fig. 7 auf Taf. 136 ist dieselbe dargestellt. Das Wasser wird in einem Rohre A vom Obergraben der aus zwei, bei größerem Wasserzuflusse aus drei Schwungarmen (Turbinenkanälen) von rechteckigem Querschnitte gebildeten Turbine T zugeführt, und zwar von unten in das Rad eingeleitet, um keinen starken Zapfendruck durch das Wasser zu erhalten. Bei dieser sogenannten umgekehrten Aufstellung ist häufig der Wasserdruck auf das Rad größer als das Gewicht desRades und der Welle mit Zahnrad u. s. w.; der nach aufwärts gerichtete Ueberdruck in derWelle muß dann durch ein Drucklager aufgenommen werden. Die zur Erhaltung konstanter Durchflußgeschwindigkeit bei der gleichförmigen Drehung des Rades zweckmäßig in ihrer Axe nach einer archimedischen Spirale gekrümmten Kanäle durchströmt das Wasser und treibt dabei das Rad in der Richtung des Pfeiles der Zeichnung um, fällt dann auf das Unterwasser U herab, dessen Spiegel zur Vermeidung des Wühlens der Turbinenarme in dem Wasser tiefer als das Rad gelegt wird. Der Zapfen Z der Turbinenwelle hat sein Lager auf der schmiedeisernen Säule S, welche in einer innerhalb des Krümmers unter der Turbine angegossenen Hülse H eingespannt ist. Durch die Aussparungen des Armtellers F kann man zu dem Zapfen und zu der Stopfbüchse kommen, die das sich drehende Rad an der Säule S abdichtet. Diese Stopfbüchse mit ihren be-

kannten Unannehmlichkeiten läßt sich übrigens nebst der Säule S durch Anwendung eines Ringzapfens, wie B in Fig. 11, Taf. 136, an der Welle unmittelbar über dem Rade vermeiden, leider ist nur die Herstellung des zur Erhaltung dieses Zapfens durchaus nöthigen gleichmäßigen Aufliegens der einzelnen Ringe in dem Lager sehr schwierig. Die Dichtung des Spaltes zwischen dem festliegenden Zuleitungsrohr und der beweglichen Turbine macht viel zu schaffen, indem bei der starken Wasserpressung durch einen kleinen Spielraum eine beträchtliche Wassermenge entweicht; hier ist der Spielraum dadurch beseitigt, daß ein Messingring R durch den Ueberdruck des Wassers auf die untere Fläche des Ringes über das Gewicht desselben leicht mit seiner oberen abgedrehten Fläche gegen den gleichfalls bearbeiteten Vorsprung an der Turbine gedrückt wird und so dem Wasser den Durchgang oben versperrt, ohne bei der Bewegung eine zu starke Reibung zu veranlassen. Das Entweichen des Wassers zwischen dem Ring R und der Rohrwand der Zuleitung wird durch eine Bramah-Lederdichtung verhütet.

Die in dem Zuleitungsrohr A vor der Turbine angebrachte Drosselklappe B kann nur zum Aufstau des Wassers in dem Rohre oder zum Abschluß desselben von dem Rade, nicht zum Reguliren der auf das Rad wirkenden Wassermenge gebraucht werden, weil das Wasser nach dem Durchfließen einer Verengung, welche mit Hülfe der Klappe hergestellt ist, durch das weitere Rohr in unregelmäßiger Bewegung dem Rade zufließt und hier schlecht wirkt. Die Bewegung der Klappe B geschieht von oben durch die Drehung der Welle mit dem Triebe D, in welches der Zahnbogen C auf der Welle der Klappe B eingreift.

B. Turbinen mit Leitschaufeln.

Die Aufgabe der Leitschaufeln besteht, wie schon früher hervorgehoben wurde, in der Zuleitung des Wassers gegen die Radbewegungsrichtung unter einem kleinen Winkel zur Geringhaltung der Fortbewegungsgeschwindigkeit des Wassers durch das Rad und Erzielung einer großen Treibgeschwindigkeit. Der durch Anwendung der Leitschaufeln mehr als ohne dieselben bei Rädern von gleicher Größe gewonnene Effekt belohnt den größeren Anschaffungspreis sehr, und wendet man deßhalb fast nur Räder mit Leitkurven an.

Zur weiteren Eintheilung der Turbinen benutzen wir die Bewegung des Wassers durch das Rad und unterscheiden Axialturbinen und Radialturbinen.

I. Axialturbinen.

Durch diese Turbinen bewegt sich das Wasser vorherrschend parallel zur Axe des Rades. Die Einrichtung der Räder selbst darf nach dem im Hauptwerke und hier bereits Gesagten als bekannt vorausgesetzt werden.

Es kann entweder der ganze Umfang des Rades beaufschlagt, die Turbine eine Vollturbine sein, oder dieselbe wird nur in einem Theile des Umfangs beaufschlagt, und heißt dann Partialturbine.

1. Axiale Vollturbinen.

Als Vollturbine wird jede Turbine ausgeführt, wegen der geringeren Größe und des meistens besseren Wirkungsgrades, mit einer Partialturbine verglichen, wenn nicht wegen des kleinen Radhalbmessers die Anzahl der Umdrehungen, welche die Turbine zur Erreichung ihrer vortheilhaftesten Geschwindigkeit in der Minute machen muß, zu groß für den vorliegenden Fall ausfällt.

Hier handelt es sich zunächst um die für die verschiedenen Gefälle zu wählende Aufstellung der Räder, und bedarf es wohl kaum der Erwähnung, daß für jedes Gefälle nach den vorliegenden Umständen eine Turbine entweder Reaktions- oder Druckturbine werden kann; die nach dem Vorgetragenen darüber zu treffende Entscheidung berührt die Aufstellung nicht.

Für kleine Gefälle bis etwa 6^m nimmt man zweckmäßig die direkte Aufstellung (Fig. 8—11, Taf. 136), bei welcher das Wasser einfach vom Obergraben O zum Untergraben U fließt, und das Leitrad L seine Lage oberhalb des Turbinenrades T erhält. Zur Vermeidung eines schädlichen Strudels durch die Ablenkung des Wassers aus der horizontalen Bewegung im Zuflußkanal in die vertikale nach der Turbine muß die Lage des Rades mindestens $1,^m5$ unter dem Oberwasserspiegel angenommen und die Zuflußgeschwindigkeit des Wassers gering gehalten werden.

Damit das Leitrad und die Turbine ihre gegenseitige Lage

nicht ändern können, ist es zweckmäßig, beide Räder auf derselben Basis zu lagern, entweder im Zuflußkanal oder im Abflußgraben.

Für den ersten Fall der Lagerung bildet man in dem Boden des Wasserkastens, in welchen der Zuflußkanal einmündet, einen starken Tragrahmen von Holz oder Eisen und hängt in denselben ein gußeisernes Rohr A (Fig. 8, Taf. 136) hinein, welches bis unter den Spiegel des Unterwassers reicht und auf dem Rahmen mit einigen Schrauben befestigt wird. In dieses Rohr legt man unten ein in der Mitte mit dem Zapfenlager Z versehenes Armkreuz, stellt die Turbine T mit ihrer Welle W nebst Zapfen hinein und legt dann das Leitrad L darüber. Der Abschluß des Oberwassers beim Durchgang der Welle durch den Leitraddeckel geschieht durch eine Stopfbüchse (links von der Welle in der Fig. 8 gezeichnet) oder eine Lederstulpdichtung rechts von der Welle in Fig. 8, oder mit Hülfe eines auf das Leitrad gesetzten Rohres R, welches bis über den Oberwasserspiegel reicht (Fig. 9).

Will man dagegen die Turbine in dem solid hergestellten Untergraben stützen (Fig. 9, Taf. 136), so wird auf dem Boden desselben zunächst eine gußeiserne Grundplatte G durch Schrauben befestigt; auf dieselbe werden dann ein Träger für den Zapfen Z der Turbine und ungefähr vier Böcke B zum Tragen des Leitrades L gestellt. Um das Leitrad genau gegen die Turbine einstellen zu können, ruht dasselbe vermittelst Stellschrauben auf den Böcken B. Durch die eintretende Abnutzung des Zapfens und der Spurplatte sinkt die Welle mit der Turbine und dem zur Effektabgabe dienenden Zahnrade, der Spielraum zwischen dem Leitrade und dem Turbinenrade und folglich der Wasserverlust durch denselben vergrößert sich, und der Eingriff der Zahnräder wird gestört. Zur Herstellung der richtigen Lage dient ein Stellkeil K, welcher den Zapfen trägt und ihn durch Anziehen weiter in die mit einer Büchse und der Spurplatte versehene Höhlung der Welle treibt; ein geringes Einlassen des Keiles in den Zapfenstiel verhindert die Mitdrehung des Zapfens durch die Welle. Der in dem Wasserkasten des Obergrabens aufgehangene Blechzylinder C führt das Wasser in das Leitrad, und geschieht die Abdichtung zwischen dem Zylinder und der Leitradwand durch einen in eine Nuth derselben eingelegten Lederstulp.

Bei diesen Aufstellungen befindet sich der Zapfen der Turbine im Unterwasser und muß also durch eine Stopfbüchse oder Lederstulpdichtung von demselben abgeschlossen werden, um das schädliche Eindringen des Wassers, Sandes u. s. w. zu verhüten. Sodann hat man bei dem großen Drucke und der meistens hohen Umdrehungszahl des Zapfens besondere Sorgfalt zur Verhütung des Warmlaufens anzuwenden; es ist deßhalb sowohl der Druck auf die Flächeneinheit der Berührungsstelle klein zu halten durch Annahme eines hinreichend großen Zapfendurchmessers und gleichmäßige Vertheilung des Druckes über die zu diesem Zwecke nachgiebig gegen die Stirnfläche des Zapfens anzubringende Spurplatte, als auch für stetige Erneuerung eines guten Oeles an der Reibungsfläche zu sorgen. Es empfiehlt sich, das Oel in einer Röhre dem Mittelpunkte des Zapfens zuzuleiten und, nachdem es die Spurzapfenfläche durch radiale Rillen passirt, auch die Büchse zum seitlichen Einschlusse des Zapfens angefettet hat, durch eine zweite Röhre dasselbe nach einem Orte, an dem man es von Zeit zu Zeit untersuchen kann, abzuleiten. Man erlangt durch die Untersuchung des gebrauchten Oeles Kenntniß von dem Zustande des Zapfens und der Oelleitung; bei mangelhafter Zirkulation in der letzteren kann man durch die Niederbewegung eines kleinen Kolbens im Zuleitungsrohr den Durchfluß befördern. Stellt man die Turbinenwelle von Gußeisen hohl her, so ist es zweckmäßig, die eine Oelröhre in der Höhlung der Welle unterzubringen.

Die Instanderhaltung des Zapfens wird sehr erleichtert, wenn man den Zapfen nicht im Wasser, sondern über demselben anbringt, einen sogenannten Ueberwasserzapfen anwendet. Die Konstruktion eines Ueberwasserzapfens nach Fontaine ist in Fig. 10, Taf. 136 angegeben. Die Turbinenwelle W wird hohl gegossen und gewährt im Innern hinreichend Raum für eine schmiedeiserne Säule S, welche in einem Bocke auf dem Fundamente befestigt und oben mit dem Lager für den Zapfen Z versehen ist. In den Stiel des Zapfens ist ein Schraubengewinde eingeschnitten und trägt dasselbe eine in der hohlen Welle liegende Mutter, also durch diese die Welle nebst der Turbine und dem Zahnrade zur Abgabe des Effekts. Auf den am Ende des Zapfenstiels befindlichen Kopf kann ein Schlüssel gesetzt und damit der Zapfen bei festgehaltener Welle

und Mutter gedreht werden, wodurch ein Heben oder Senken der Turbinenwelle hervorgebracht wird. Die Wand der hohlen Welle ist durchbrochen, um zu dem Zapfen Z gelangen zu können. Den nöthigen seitlichen Halt erlangt die Welle durch ein Halslager H in der Nähe des Zahnrades, und eine Büchse B mit Pockholzschalen, die keiner Anfettung im Wasser bedürfen, am unteren Ende der Welle auf der Säule S.

Statt dieser komplizirten Einrichtung kann man den Ringzapfen B (Fig. 11[a] und 11[b], Taf. 136) anwenden. Dieser Zapfen am oberen Ende der Welle besteht aus angedrehten Ringen von rechteckigem Querschnitte. Zwischen diese Ringe fassen zum Tragen der Welle entsprechende Ringe der zweitheiligen Lagerschalen S von Bronze ein, die mit einem starken Rande sich auf eine sie umfassende Büchse von Gußeisen mit Zapfen Z_1 legen, und diese Zapfen werden wieder getragen von einem Ringe U mit in festen Lagern liegenden Zapfen Z_2, deren Achse normal zur Achse der ersten Zapfen steht. Durch eine Drehung um diese beiden zu einander normalen Achsen kann sich die Turbinenwelle ohne Zwang nach jeder Richtung bewegen und umgekehrt das Lager sich nach ihr einstellen, wodurch bei richtiger Aufstellung nach Möglichkeit ein Klemmen der Welle in diesem Lager vermieden und ein gleichmäßiges Aufliegen eines jeden Ringes hergestellt wird. Die seitliche Führung der Welle gewährt wieder ein Halslager bei dem Zahnrade und die Stopfbüchse in dem Leitrade. Dieser Zapfen sieht indessen nur einfach aus, die Herstellung des gleichmäßigen Anliegens der Ringe in dem Lager ist sehr schwierig.

Beträgt das Gefälle mehr als etwa 6^m, so belastet die lange Welle den Zapfen zu stark, wenn die Turbine im Unterwasser angebracht wird; man setzt deßhalb zur Abkürzung der Welle die Turbine in ein bis etwas unter den Unterwasserspiegel gehendes luftdichtes Rohr in passender Höhe bis zu 6^m über dem Spiegel des Unterwassers und leitet das Wasser in einem oben offenen Kasten oder Rohre der Turbine zu (Fig. 10, Taf. 505, Hauptwerk, und Fig. 12, Taf. 136 der Supplemente). Der etwaige Turbinenzapfen in dem Saugrohr wird durch ein Mannloch in dem Rohre zugänglich gemacht. Damit das Wasser zwischen Unterwasser- und Oberwasserspiegel in der Leitung aufgestaut und beliebig abgeschlossen werden

kann, muß an dem Ausfluß des Saugrohrs C ein Schützen S oder eine Drosselklappe S angebracht sein, wie in Fig. 12, 13 und 15 angegeben ist.

Der Schützen S in Fig. 12 verschließt oder öffnet eine einseitige Ausflußöffnung von rechteckigem Querschnitte durch eine Bogenbewegung um die Zapfen D, mit welchen er durch Stangen verbunden ist, indem man die Zugstange S_1 von oben senkt oder hebt. In Fig. 13 und 15 ist die Ausflußöffnung ringsum im Rohr C angebracht, nur die zur Verbindung der Grundplatte G mit der Rohrwandung C dienenden schmalen, radial gerichteten Stege E verengen den Durchflußquerschnitt unbedeutend. Ueber die Drosselklappe in Fig. 15 ist nichts zu bemerken, hinsichtlich des zylindrischen Schützens S in Fig. 13 aber darauf aufmerksam zu machen, daß der Schützenring S zur Verhütung des Klemmens auf den Führungsstegen E genau parallel der Rohrachse bewegt werden muß. Gewöhnlich geschieht dieß auf folgende Weise. Man hängt den Schützenzylinder S durch Schienen N an den Muttern M der vier gleichen Schraubenspindeln J auf, welche durch Lager O an der äußeren Seite des Rohrs C gehalten werden. Eine gleichmäßige Drehung der vier Schraubenspindeln J veranlaßt eine gleiche Bewegung der an der Drehung verhinderten Muttern M und somit auch ein genaues Heben des Zylinders S. Die geforderte Uebereinstimmung in der Drehung der Spindeln J erlangt man z. B. durch Aufstecken gleich langer und gleich gerichteter Kurbeln K auf dieselben und Verbindung der Zapfen dieser Kurbeln mit einem Ringe R. Bewegt man eine Kurbel vermittelst einer nach aufwärts gehenden Welle, so bewegen sich alle Kurbeln und Spindeln in gleicher Weise. Anstatt der Kurbeln K kann man auch übereinstimmende Zahnrädchen verwenden, die in dasselbe größere Rad eingreifen.

Nimmt man zur Vermeidung einer langen Turbinenwelle wieder 6^m als zulässige Entfernung des Oberwasserspiegels von der Turbine an, so wird bei der größten Höhenlage der Turbine über dem Unterwasser von 6^m diese Aufstellung bis zu höchstens 12^m brauchbar sein.

Für größere Gefälle als 12^m muß bei der direkten Aufstellung (Fig. 13, Taf. 136) das Zuflußrohr A seitlich in die Turbinenkammer B eingeleitet werden, damit man die Welle W durch

eine Stopfbüchse des Turbinenkastendeckels führen und das Rad zur Abgabe des Effekts unterhalb des Oberwasserspiegels anbringen kann. Diese Aufstellung ist aber komplizirt und dabei die Turbine schwer zugänglich, die Räder können nur nach Entfernung des schwierig wieder zu dichtenden Deckels herausgenommen werden. Wenn man auch das Abnehmen des Deckels durch Anbringung eines Mannloches in dem Turbinenkasten für einfache Besichtigungen unnöthig macht, so bietet doch die folgende umgekehrte Aufstellung den Vorzug einer größeren Einfachheit und Zugänglichkeit, und verdient deßhalb statt der direkten Aufstellung für hohe Gefälle angewandt zu werden.

Das Wasser tritt bei der umgekehrten Aufstellung durch das Rohr A (Fig. 14, Taf. 136), in welchem sich die Drosselklappe B zum Aufstauen und Abschluß der Wassermenge befindet, und das Rohrstück D, dessen innerer Theil mit der äußeren Wand durch schmale Arme verbunden ist und das Lager Z für den Turbinenzapfen trägt, zum Leitrad L, durchströmt dasselbe und die darüber liegende Turbine T von unten nach oben, worauf es ins Unterwasser U gelangt. Wenn die Turbine eine Reaktionsturbine oder eine Druckturbine mit Rückschaufeln ist, so kann sie zur Erzielung eines ruhigen Wasseraustrittes etwa 0,^{m}5 unter dem Unterwasserspiegel angebracht werden, während eine Druckturbine ohne Rückschaufeln über dem Unterwasser laufen muß. Ueber den Achsendruck der Turbinenwelle W ist das Nöthige bei der ähnlichen Aufstellung der schottischen Turbine gesagt worden. Durch die angegossene Tragwand des Krümmers A erhält die ganze Konstruktion ihre Befestigung auf dem Fundamente.

Bisher wurde die Lage der Turbinenwelle stets vertikal genommen; hat die zu treibende Welle dabei eine horizontale Lage, so erfordert die Verbindung beider Wellen durch Zahnräder die Anwendung von Kegelrädern, die man bei guter Ausführung und nicht zu großen Umdrehungszahlen auch nicht zu vermeiden braucht. Will man dagegen bei sehr großen Umdrehungszahlen, wie sie bei hohen Gefällen vorzukommen pflegen, den Riemenbetrieb zur Ableitung des Effekts einführen, so ist für größere Kräfte die Umgehung eines halb geschränkten Riemens wünschenswerth, und es daher rathsam, die Turbinenwelle wie die Transmissionswelle

horizontal zu legen, die Turbine also in einer vertikalen Ebene laufen zu lassen. Bei dieser horizontalen Aufstellung der Turbine (Fig. 15, Taf. 136) leitet man das Wasser vom Oberwasserspiegel in dem Rohre A aus der vertikalen Richtung in die horizontale der Turbinenwelle W über und durch das Leitrad L und die Turbine T, welche in der auf eisernen Trägern festgeschraubten Turbinenkammer B enthalten sind; darauf wird das Wasser wieder in die vertikale Richtung geführt und durchsinkt das an der Turbinenkammer hängende Saugrohr C bis zum Unterwasser U. Die außerhalb des Rohrs bei E und im Deckel bei D gelagerte Welle W trägt zur Vermeidung einer zweiten Stopfbüchse das Turbinenrad frei und ist mit der Riemenscheibe R zur Abnahme des Effekts versehen. Die Deckel D und F sind zur besseren Leitung des Wassers gewölbt und D ist noch mit einem Einsprung in das Innere der Turbinenkammer versehen, um durch eine Büchse die Welle möglichst dicht an der Turbine lagern zu können. Die Herstellung der Büchse und der Abdichtung der Welle im Deckel D erfordert einige Sorgfalt; es muß beim Aufstau das Entweichen des Wassers von innen nach außen und beim Gange das Eindringen von Luft und Oel von außen nach innen verhütet werden. Zur Raumersparung ist der Anschluß des unten runden Saugrohres an die Turbinenkammer mit rechteckigem Querschnitte ausgeführt.

Vorrichtungen zur Regulirung der Wassermenge, welche auf das Rad wirken soll. — Da bei den Axialturbinen die Herstellung eines in radialer Richtung beweglichen zylindrischen Zwischenkranzes nicht ausführbar ist, muß man seine Zuflucht zur partiellen Beaufschlagung nehmen, wenn die Wassermenge einer Turbine kleiner als die bei der Berechnung für die Vollturbine angenommene wird. Die Turbine ist dann nach dem früher über die partielle Beaufschlagung aller Turbinen Gesagten mit Druckschaufelung zu versehen.

Der Abschluß einzelner Leitkanäle kann bei den Axialturbinen geschehen

a) in einfacher und deßhalb sehr gebräuchlicher Weise durch Klappen K (Fig. 8, Taf. 136), welche um Achsen an dem äußeren Leitradkranze drehbar sind und durch Stangen V von einem Standpunkte über dem Wasser aus bewegt werden; oder

b) durch Schieber S (Fig. 9, Taf. 136), deren Stangen V zum Zwecke der Ventilation der nicht beaufschlagten Zellen aus schmiedeisernen Gasröhren bestehen, die oben mit Gewinde versehen und durch Drehung an den in Lagern liegenden, das Muttergewinde in der Nabe enthaltenden Kurbelrädchen J zu bewegen sind.

Diese Klappen oder Schieber erfordern, selbst wenn man je zwei Kanäle durch einen Apparat bedient, viele Stangen, die leicht in unregelmäßiger Weise ergriffen werden und dadurch eine für den Effekt ungünstige Zerstückelung des beaufschlagten Strahles herbeiführen. Dieser Uebelstand wird vermieden durch

c) den Rollschützen von Fontaine (Fig. 10, Taf. 136), der aus zwei Leder- oder Guttapercha-Halbkreisringstücken besteht, die mit schmalen Blechstreifen abgesteift sind, um ein Eindrücken derselben durch den Wasserdruck in die Leitkanäle zu verhüten, wenn sie zum Abschluß auf denselben liegen. Mit einem Ende befestigt man die Ringstücke an diametral gegenüber liegenden Leitschaufeln und mit dem andern an den Kegeln K, auf welche sich durch Rollbewegung die Streifen aufwickeln oder davon abwickeln lassen, je nach der Richtung der Bewegung der Kegel. Zur Mittheilung dieser Bewegung sind die Axen der Kegel durch Arme A mit einem zentrisch zur Welle stehenden Rohre R verbunden, das seine Drehung durch eine Schraube ohne Ende E über dem Wasser empfängt. Da die Kegelhalbmesser durch die Aufwickelung des Schützens zunehmen, müssen die Arme A an der Kegelaxe und dem Rohre mit Gelenken versehen sein. Zur Sicherung des Aufwickelns der Schützenstreifen durch Drehung der Kegel um ihre Axe ist an den Kegeln ein Zahnrädchen M angebracht, das in einen wegen des veränderlichen Kegelhalbmessers etwas geneigt auf dem Leitrad befestigten oder mit Zähnen von ungleicher Länge versehenen Zahnkranz N eingreift.

Einfacher in der Konstruktion, aber mehr Kraft zu der Bewegung erfordernd als der Rollschützen, ist

d) der Drehschützen S_1 S_2 (Fig. 11, Taf. 136). Bei demselben haben die Leitkanäle ihre Einströmungsöffnungen zur Hälfte L_1 wie gewöhnlich oben, zur Halfte L_2 aber seitlich in dem Leitkurvenmantel. Vor diesen Oeffnungen bewegt sich der wesentlich aus einem zylindrischen Rohrstücke nebst Deckel bestehende Schützen

S_1 S_2 mit Ausnahmen, die im vollständig beaufschlagten Zustande genau mit den Leitkanaleinströmungen korrespondiren; zwischen der inneren Leitradwand und der mit $S_1 S_2$ verbundenen Röhre R, vermittelst welcher der Schützen seine Drehung durch die Schraube ohne Ende E empfängt, sind noch Durchbrechungen des Deckels angeordnet, um den auf dem Schützen lastenden Wasserdruck zu verkleinern. Es bedeckt beim Abschlusse die Seite S_1 des Schützens die Leitzellenreihe L_1, während L_2 durch S_2 geschlossen wird.

Die Bewegung der Schützen unter c. und d. aus der vollständig für die Wasserdurchströmung geöffneten Lage verschließt stets zwei diametral gegen einander über gelegene Kanäle gleichzeitig, die Strahlen der noch geöffneten Zellen bilden zwei gleich große Beaufschlagungsstellen, die für die Drehung des Rades ein Kräftepaar, also keine seitliche Pressung des Turbinenzapfens geben.

Die Einrichtung und Benutzung der Doppelturbine (Fig. 9, Taf. 136) für große veränderliche Wassermengen ist schon S. 387 erklärt worden.

2. Axiale Partialturbinen.

Zur Anlage einer Partialturbine muß man schreiten, wenn die Berechnung einer Vollturbine eine unbrauchbar große Umdrehungszahl in der Minute liefert. Das Laufrad der Partialturbine wird für eine größere Wassermenge als die gegebene berechnet (wodurch der Halbmesser größer und folglich die Umdrehungszahl bei der unveränderten Radgeschwindigkeit kleiner als für die Vollturbine ausfällt) und von dem zugehörigen Leitrade nur der Theil hergestellt, welcher die größte vorhandene Wassermenge durchläßt. Die Räder müssen als Druckräder konstruirt und können zur Umgehung der Rückschaufeln über das Unterwasser gesetzt werden, denn der hierdurch entstehende Gefällverlust kommt bei den hohen Gefällen, für welche die Partialturbinen hauptsächlich Anwendung finden, nicht in Betracht.

Zur Regulirung des auf das Rad wirkenden Wassers können die vorhin bei den Turbinen mit veränderlichen Wassermengen angegebenen Mittel auch hier Verwendung finden.

Diese axialen Partialturbinen stehen wegen der störenden Einflüsse der Zentrifugalkraft auf das Wasser der nicht vollständig

gefüllten Turbinenkanäle in dem Wirkungsgrade den weiter unten angeführten Tangentialrädern nach und werden deßhalb selten angewandt.

II. Radialturbinen.

1. Radiale Vollturbinen.

Zunächst mögen die

a) **Vollturbinen mit innerer Beaufschlagung** (Fourneyron-Turbinen)

betrachtet werden, bei denen das Leitrad innerhalb des Laufrades in gleicher Höhe mit demselben liegt und das Wasser also von innen nach außen in radialer Richtung durch das Rad strömt.

Die für **niedrige Gefälle** übliche unbequeme **Aufstellung von Fourneyron** ist in dem Hauptwerke beschrieben und abgebildet worden (Fig. 9, Taf. 505). Da ein Einschluß des aus der Turbine tretenden Wassers in ein Saugrohr und somit ein Anbringen der Turbine über dem Unterwasser ohne Gefällverlust nicht thunlich ist, sieht man sich schon bei Gefällen über 6^{m} gezwungen, einen Wasserkasten mit geschlossenem Deckel und seitlicher Einführung des Oberwassers, wie in Fig. 13, Taf. 136 bei den Jonval-Turbinen angegeben wurde, anzuwenden, um die Welle nicht zu lang zu erhalten. Hierdurch fällt aber die Aufstellung so schwerfällig aus, daß man lieber sich zur Anwendung der bequemsten für die Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung entschließen wird, nämlich zu der

umgekehrten Aufstellung (Fig. 1, Taf. 137). Das Wasser wird vom Obergraben durch das Rohr A in die auf der Sohle des Untergrabens stehende Kammer B geführt, erfährt durch das Leitrad L und die zwischen den Schaufeln desselben an der Wand der Kammer befestigten Leitklötze L_1 von Holz die angemessene Einleitung in das Rad T, welches mit seiner Welle W durch das Durchströmen des Wassers umgetrieben wird. Hier liegt das Rad frei und ist leicht nach oben abzunehmen, worauf auch der Leitkurvenapparat eben so leicht entfernt werden kann; eine Besichtigung des letzteren ohne Abnahme desselben führt man durch eine Benutzung des Mannloches in der Kammer aus. Der Turbinenzapfen kann über das Wasser gelegt und gegen das Einspritzen des Wassers

durch eine einfache Stopfbüchse geschützt werden; zu demselben gelangt man zwischen den Armen des Rades hindurch.

Die horizontale Aufstellung ist auch hier möglich, indessen nicht rathsam, weil der Nichteinschluß des austretenden Wassers in ein Saugrohr eine Verschiedenheit der Eintrittsgeschwindigkeiten in das Rad nach der verschiedenen Höhe der beaufschlagten Stellen und dadurch einen bei nicht hohen Gefällen bemerkenswerthen Effektverlust zur Folge hat, auch der radiale Austritt des Wassers aus dem Rade nach oben und zur Seite lästig fällt.

b) Vollturbinen mit äußerer Beaufschlagung.

Das Leitrad L liegt hier außerhalb des Laufrades T neben demselben und das Wasser strömt von außen nach innen durch das Rad.

Hier ist wieder bei der direkten Aufstellung (Fig. 2, Taf. 137) die Anbringung eines Saugrohres C unter dem Rade wegen des geschlossenen massiven Austrittsstrahles zulässig, und erwachsen durch die Anwendung dieses Rohres die bei den Axialturbinen genannten Vortheile natürlich auch den Radialturbinen mit äußerer Beaufschlagung. Das Saugrohr C kann zweckmäßig, wie in Fig. 2 angegeben ist, zur sicheren Lagerung des Leitrades und auch des Bohlenbelags des Wasserkastenbodens benutzt werden. Da bei konstanter Radhöhe die zylindrischen Durchflußquerschnitte für die Wasserbewegung nach innen abnehmen und ein Anwachsen der schließlich verlorenen Durchflußgeschwindigkeit bedingen, macht man den Austrittswinkel α des Wassers aus dem Leitrad und dadurch den anfänglichen Werth $U \sin \alpha$ der Durchflußgeschwindigkeit sehr klein (α etwa 10^0 bis 15^0), damit der Endwerth dieser Geschwindigkeit nicht von zu großer Bedeutung wird. Sehr kleine Werthe für α liefern aber große und kostbare Räder; man zieht es daher meistens vor, α etwas größer zu nehmen und durch Vergrößerung der Radhöhe nach innen ein lästiges Anwachsen der anfänglichen Geschwindigkeit $U \sin \alpha$ zu verhüten; nöthigenfalls kann auch an Austrittsquerschnitt durch das Fortlassen der halben Schaufelzahl gegen den Austritt zu gewonnen werden (Fig. 3^b, Taf. 137). Dem Saugrohre läßt sich durch Einsetzung eines Holzkörpers D unter dem Rade leicht die Eigenschaft eines Diffusers ertheilen und dadurch selbst bei verhältnißmäßig kleinen Rädern die verlorene Austrittsgeschwindigkeit angemessen herabziehen.

Die Belastung des Rades T und somit des Zapfens Z durch den Druck des darüber stehenden Oberwassers wird vermindert, indem man eine Glocke G auf dem Leitrade L befestigt und die Turbinenwelle W vermittelst einer Stopfbüchse hindurch führt oder ein Rohr R anbringt, welches das Rad T ganz frei läßt und seine Herausnahme sehr erleichtert.

Die direkte Aufstellung für hohe Gefälle, die umgekehrte und die horizontale Aufstellung sind auch bei den Radialturbinen mit äußerer Beaufschlagung in ähnlicher Weise wie bei den Axialturbinen anzuordnen.

Die Regulirung der Wassermenge für Radialturbinen. Der einfachste Weg zur Benutzung veränderlicher Wassermengen besteht auch bei den Radialturbinen in der Herstellung einer partiellen Beaufschlagung und setzt die Anwendung von Druckturbinen voraus. Die bei den Axialturbinen angeführten Mittel zum Abschlusse der Leitradkanäle können hier ebenfalls Anwendung finden; in Fig. 2 rechts sind z. B. Schieber S angegeben, die durch Stangen V bewegt werden. Weniger gut ist die den Radialturbinen eigenthümliche und fälschlich auch bei Reaktionsturbinen sehr gebräuchliche Einschiebung eines zylindrischen Ringschützens zwischen Leitrad und Turbinenrad, wie in Fig. 9, Taf. 505 des Hauptwerks angegeben ist, durch welche die Höhe des in das Rad tretenden Wasserkörpers ringsum vermindert wird und die volle Füllung der sämmtlichen Radkanäle aufhört, was nach dem früher Angeführten zu einer Schwächung des Wirkungsgrades führen muß.

Es ist bereits auf die Möglichkeit der Herstellung einer veränderlichen effektiven (für das Wasser bestimmten) Radhöhe bei den Radialturbinen durch eine bewegliche Krone hingewiesen; dieselbe wird im Wesentlichen aus Körpern gebildet, die genau die lichten Radkanalquerschnitte normal zur Turbinenaxe besitzen und durch Verbindung mit einer Platte sich gemeinsam parallel der Turbinenaxe verstellen lassen. Eine stets der Wassermenge proportionale übereinstimmende Höhe des Leitradaustrittquerschnitts und des Laufrades liefert bei den veränderlichsten Wassermengen in sämmtlichen Querschnitten immer dieselben Geschwindigkeiten des durchfließenden Wassers der Größe und Richtung nach, und folglich einen unveränderten Wirkungsgrad. Wenn man sich einmal zur

Anwendung dieser immer komplizirt ausfallenden Regulirung entschlossen hat, weil die beste Benutzung einer verminderten Wassermenge erforderlich ist, so wird man der Turbine Reaktionsschaufeln geben, weil sie für den Unterwassergang der Turbine einfacher als Druckschaufeln ausfallen und einen etwas besseren Effekt als die der letzteren liefern.

Eine derartige Einrichtung, welche Nagel in Hamburg bei den Turbinen mit innerer Beaufschlagung und umgekehrter Aufstellung angewandt hat, ist in Fig. 1, Taf. 137 dargestellt. Der ganze Leitschaufelapparat L ist zur Veränderung der effektiven Ausströmungshöhe selbst verstellbar gemacht; er kann sich mit einer zur sicheren Führung genügend langen Hülse auf der im Wasserkasten B befestigten Säule S auf und ab bewegen, wobei sich die Leitkurven wischen den hölzernen Leitklötzen L_1 verschieben müssen. Zur Mittheilung der Bewegung oder eines bestimmten Standes trägt die Hülse zwei Zapfen C, welche durch Schienen mit den Zapfen D der Hebel E auf der in der Wand des Wasserkastens gelagerten Welle F verbunden sind. Die Welle F geht durch eine Stopfbüchse und trägt außerhalb der Kammer B den Hebel H mit der Stange J, welche auf irgend eine Weise bewegt oder festgestellt werden muß. Es kommt nun darauf an, der beweglichen Radkrone K, welche an der Glocke G befestigt ist, eine mit dem Leitradteller L übereinstimmende Stellung zu geben. Zu diesem Zwecke trägt das auf die Glocke G geschraubte Rohr R oben einen Ringzapfen, dessen Lager M durch seitliche Führungen an der Mitdrehung verhindert wird, aber Bewegungen in der Richtung der Turbinenaxe annehmen kann und dieselben durch den Zapfen der Krone K mittheilt. Verbindet man dieses Lager M mit den Zapfen D_1 der auf der Welle F_1 sitzenden Hebel E_1, die mit den Hebeln E parallele Richtung und gleiche Länge haben, und zwischen denen M in der Mitte liegt, so erlangt man durch Anschluß der vorhin erwähnten Stange J an den Hebel H_1 der Welle F_1, welcher mit H in Länge und Richtung übereinstimmt, die geforderte gleiche Bewegung der Radkrone K und des Leittellers L, und somit die fortwährende Erhaltung ihrer gegenseitigen Stellung. Die Verstellung von K und L kann durch ein Schraubenrad auf der Welle F_1 geschehen; zum schnellen Abschluß des Wassers vom Rade paßt diese Einrich-

tung aber nicht, und ist für den Zweck die Drosselklappe S in dem Zuflußrohr zu benutzen. Die Krone K besteht aus einem Eisenringe, in dem die Oeffnungen für die durchtretenden Schaufeln genau ausgearbeitet sind; dieselbe wird nicht allein außerhalb der Turbine mit G verschraubt, sondern auch durch die an dem Flantsch N im Innern angebrachten Anker O damit verbunden. Die zur Erzielung einer gleichmäßigen Kanalquerschnittsabnahme in der Richtung des Wasserdurchflusses stärker in der Mitte als an den Enden gegossenen Schaufeln sind einzeln hergestellt, genau bearbeitet und vermittelst durchgezogener Schraubbolzen nach Einsetzung der Krone K mit den Radkränzen zu einem Ganzen verbunden. Die Herstellung ist also komplizirt und verlangt äußerst genaue Arbeit. Bei dem Gebrauche im Wasser füllen sich die nicht beaufschlagten Räume zwischen der festen und beweglichen Krone allmählich mit Schlamm, wodurch bei der schwierigen Reinigung die Verstellbarkeit beeinträchtigt wird. Man kann zwar durch eine Abänderung in der Konstruktion das Ansammeln des Schlammes verhüten, allein die Schwierigkeit der Herstellung bleibt, und es verdient daher für nicht gar zu veränderliche Wassermengen die Anwendung der Druckturbinen mit partieller Beaufschlagung den Vorzug, wenn der etwas (etwa 5 Prozent) geringere Wirkungsgrad derselben genügt.

Eine einfachere, sich auf das Leitrad beschränkende, aber deßhalb auch nur annähernd richtige und innerhalb gewisser Grenzen für Reaktionsturbinen mit äußerer Beaufschlagung anwendbare Regulirungsvorrichtung ist die in Fig. 2, links von der Welle, gezeichnete des Prof. Fink in Berlin. Hier sind zur Herstellung eines veränderlichen Austrittsquerschnitts aus dem Leitrade für veränderliche Wassermengen die sämmtlichen Leitschaufeln um Zapfen E, die sich in den Radkränzen lagern, gleichzeitig drehbar, indem die angegossenen Arme A der Schaufeln sich gegen die Stifte F eines Winkelringes B legen, der durch zwei in (um 180° versetzte) Zahnbogen H fassende Triebe J auf den Wellen K bewegt wird. Die Wellen K sind außerhalb des Wassers durch aufgesetzte Hebel von gleicher Länge und Richtung und eine die Hebelzapfen verbindende Stange verkuppelt. Legt man den Drehpunkt E der Schaufel nahe an die Einströmung des Leitrades, so sucht das durchfließende Wasser die Schaufeln radial zu stellen und die Arme A brauchen sich deßhalb

nur lose an eine Seite der Stifte F zu legen, damit die Drücke von F auf A die Schaufeln zur Verkleinerung des Austrittsquerschnitts in die punktirte Lage bringen können, während bei entgegengesetzter Bewegung des Winkelringes B und der Stifte F die Schaufeln durch den Wasserdruck gegen ihren längeren Theil nachfolgen und den Austrittsquerschnitt vergrößern. Bei dieser Einrichtung bleibt ein mit dem Wasser ankommender fester Körper, dessen Dicke größer als die normale Entfernung zwischen zwei Leitschaufeln ist, nicht in dem Leitkurvenapparat stecken; er dreht die eine Leitschaufel so weit um ihren Zapfen, bis er durchtreten kann. Die mittlere Stellung der Leitschaufeln wird für die normale Wassermenge richtig angenommen, und gewährt die Turbine dabei natürlich den besten Wirkungsgrad, während derselbe um so stärker fallen muß, je größere Abweichungen in der Wassermenge und der entsprechenden Schaufelstellung von der normalen eintreten. Nach Versuchen von Fink an einer von ihm ausgeführten Turbine beträgt der Wirkungsgrad bei normaler Wassermenge 0,8 und fällt bei Veränderungen von einem Drittel des normalen Werthes nur um 0,08, hält sich also innerhalb der Wassermengen, die im Verhältnisse $^2/_3 : ^4/_3$ oder 1 : 2 stehen, über 0,72. Die Befriedigung über dieses Resultat wird noch erhöht durch die schätzenswerthe Eigenschaft der Steigerung des Wirkungsgrades bei Abnahme der Wassermenge von der größten bis zur normalen hin, während man sonst bei Turbinen ein Fallen desselben gewohnt ist. Die Fink'sche Konstruktion ist daher für innerhalb der angegebenen Grenzen veränderliche Wassermengen sehr brauchbar.

Eine ähnliche Einrichtung zur Regulirung der Wassermenge hat auch Prof. Thomson an seinen Reaktionsturbinen mit äußerer Beaufschlagung ausgeführt. Die Turbine ist nur mit vier Leitschaufeln L (Taf. 3, Fig. 137) am ganzen Umfange versehen, die indessen, wenn sie vorn nach der Evolvente eines Kreises vom Halbmesser $R \cdot \sin \alpha$ gekrümmt sind, wobei R den äußeren Halbmesser des Turbinenrades und α den Austrittswinkel des Wassers aus dem Leitrade bezeichnet, doch die Eigenschaft haben, die äquidistant zu ihnen geleiteten Wasserfäden unter demselben Winkel α gegen den Radumfang zu führen, so lange überhaupt eine regelmäßige Bewegung des Wassers zu erwarten ist, d. i., wenn die Wasserschicht

nicht zu stark, das Rad nicht zu groß ausfällt. Die Leitschaufeln L können sich um nahe am Laufrade angebrachte Zapfen E drehen und werden durch kleine Schienen S mit den Hebeln H verbunden, die auf Wellen sitzen, welche durch den Deckel des Leitgehäuses B gehen und außerhalb desselben vermittelst Winkelhebel und Stangen unter sich verbunden sind. Durch Drehung der Stange J, welche auf eine dieser Wellen gesetzt wird, ertheilt man sämmtlichen Leitschaufeln eine übereinstimmende Bewegung zur Veränderung des Austrittsquerschnitts zwischen denselben, entsprechend der auf das Rad zu leitenden Wassermenge. Um einen großen Durchmesser der Ausflußöffnung aus dem Rade und folglich des Rades selbst zu vermeiden, hat Thomson eine Doppelturbine mit gemeinschaftlicher Radkrone D in der Weise hergestellt, daß T_1 das Wasser nach unten auswirft, während T_2 den Abfluß nach oben erhält, und hiermit zugleich den Wasserdruck gegen den Turbinenzapfen beseitigt. Zur Reduktion der verlorenen Austrittsgeschwindigkeit sind die Diffuser C_1 und C_2 angebracht, die mit Stellschrauben St dicht an die abgedrehten Radkronen gestellt werden und auch in die ausgebohrten Gehäuseöffnungen genau passen müssen, um das Entweichen des Wassers neben der Turbine zu verhindern.

2. Radiale Partialturbinen.

Ueber das Verhältniß der Partialturbinen zu den Vollturbinen und den Ueberwassergang der ersteren gelten die bei den Axialturbinen gemachten Bemerkungen auch hier.

a) Partialturbinen mit innerer Beaufschlagung.

Die innere Beaufschlagung ist für Partialturbinen mit der großen, dem ganzen hohen Gefälle entsprechenden Ausflußgeschwindigkeit des Wassers aus dem Leitkurvenapparate ungünstig, weil sich durch den Einlauf innerhalb des Rades wegen der Nähe des Radumfangs der Winkel α des ankommenden Wassers gegen das Rad und somit die Durchflußgeschwindigkeit durch das Rad nicht hinreichend klein machen läßt, und auch die Krümmung der Radschaufeln zur Erzielung eines lebhaften Anschlusses des Wassers an dieselben zu stark ausfällt, um nicht das sichere Hingleiten an den Schaufeln entlang in Frage zu stellen.

Die direkte Aufstellung bietet außerdem große Schwierig-

keiten in der soliden Befestigung des Einlaufs und ist deßhalb nicht zu empfehlen. In dieser Hinsicht ist die in Fig. 4, Taf. 137 dargestellte umgekehrte Aufstellung besser, die im Wesentlichen mit der für Vollturbinen übereinstimmt; es sind hier, der vorhandenen größten Wassermenge entsprechend, nur wenige (6 in der Figur) Leitkanäle in zwei um 180° versetzte Einläufe abgetheilt ausgeführt. Der Schützen S zum Verschluß der Leitkanalöffnungen besteht aus zwei durch einen Querarm verbundenen Theilen eines Zylindermantels, und wird durch ein in den angeschraubten Zahnbogen eingreifendes Trieb J gedreht.

Da die Tangentialräder mit äußerer Beaufschlagung bei einer geforderten vertikalen Welle das Wasser ohne die vielfachen Umlenkungen dem Rade zuführen und in demselben besser benutzen, so finden die Räder mit umgekehrter Aufstellung wenig Anwendung.

Dagegen ist die horizontale Aufstellung häufiger zur Ausführung gekommen, wenn eine horizontale Lage der Welle erwünscht war; die Turbine wird in dieser Aufstellung nach ihrem ersten Erbauer Schwamkrug-Turbine genannt. Das Rad T (Fig. 5, Taf. 137) läuft, wegen der Lagerung seiner Welle, fast zur Hälfte in einer Vertiefung des Fundaments, welche zugleich den Abflußkanal U bildet. Auf der die Welle nicht tragenden Seite des Fundaments kann der Einlauf L gehörig befestigt werden; derselbe besteht vorn aus einem Stücke von rechteckiger Gestalt mit mehreren Kanälen, die durch von außen drehbare Klappen verengt oder verschlossen werden können. Bei Abnahme der Wassermenge muß vorläufig eine Klappe a allein bewegt werden, um den vollen Strahl der anderen Oeffnungen b u. s. w. zu erhalten; dann geht man zur Klappe b u. s. f.

b) Partialturbinen mit äußerer Beaufschlagung (Tangentialräder).

Hier kann man ohne Schwierigkeit durch den außerhalb des Rades anzubringenden Einlauf den Winkel α der Wasserstrahlen mit dem Rade sehr klein (8°—10°), d. i. wenig von der Tangente abweichend, machen, woher die Benennung Tangentialrad rührt; die Durchflußgeschwindigkeit des Wassers fällt dann so gering aus, daß selbst bei bekannter Radhöhe (links in Fig. 6, Taf. 137) der angewachsene Werth derselben im Augenblicke des Austritts

aus dem Rade von keiner großen Bedeutung ist. Zur Verhütung eines starken Wasserverlustes muß der Spielraum zwischen dem abgedrehten Rade und dem Einlaufe ganz unbedeutend gehalten werden; es empfiehlt sich zur Sicherung der gegenseitigen Lage, das Rad T und den Einlauf L auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte G zu befestigen. Um bei äußerer Beaufschlagung ein gutes Anlegen des Wassers an die Schaufeln zu erlangen, braucht man denselben nicht die starke Krümmung, welche für Räder mit innerer Beaufschlagung erforderlich ist, zu geben, und die Wasserbewegung fällt daher regelmäßiger aus. Man sieht hieraus, daß die Partialturbinen mit äußerer Beaufschlagung vor den innen beaufschlagten den Vorzug verdienen.

Da das Wasser ohne Umkehr durch die Radkanäle gehen soll, so ist die horizontale Aufstellung bei der Außenbeaufschlagung nicht anwendbar, und für die Ausführung der umgekehrten Aufstellung liegt kein Grund vor; es bleibt hier nur die einfache direkte Aufstellung übrig. Vom Obergraben wird das Wasser durch Röhren A in die Turbinenstube geführt, ein mit seiner Sohlplatte auf dem Fundamente befestigter Krümmer B gibt dem Wasser die horizontale Flußrichtung in den Einlauf L, der dasselbe unter dem richtigen Winkel dem Rade T zuführt. Die Konstruktion des Einlaufes muß so eingerichtet werden, daß das Wasser möglichst geschlossen in das Rad kommt, denn bei einzelnen schwachen Strahlen findet durch die Schaufeln des sich rasch drehenden Rades leicht ein den Wirkungsgrad herabziehendes Zerschlagen derselben statt. Aus diesem Grunde ist es auch rathsam, nur bei größeren Wassermengen zwei einander gegenüber liegende Einläufe zur Erzielung eines Kräftepaares für die Drehung des Rades anzuwenden, bei kleineren Wasserquantitäten sich aber mit einem Einlaufe zu begnügen.

Die Tangentialräder aus den renommirten Fabriken von Escher, Wyß und Komp. in Zürich und Richard Hartmann in Chemnitz sind mit dem in Fig. 6 rechts angegebenen Einlaufe versehen. Jeder einzelne Kanal des aus zwei in der Mitte der Höhe zusammengeschraubten Theilen hergestellten Einlaufs enthält einen Messingschieber S, der in Nuthen des Bodens und Deckels geführt wird und mit einer feinen Zahnstange versehen ist, in welche ein mit seiner Welle aus einem Stück hergestelltes Triebchen eingreift.

Die Drehung der nach außerhalb durchtretenden Welle durch ein Schneckenrad bewirkt die Verschiebung des Schiebers und dadurch die Regulirung des Austrittsquerschnitts des Kanales. Mitunter findet man fehlerhaft die Wellen der Schieber so mit einander verbunden, daß alle Schieber sich gleichzeitig bewegen und lauter feine, leicht von ihrer richtigen Bahn abzuleitende Strahlen herstellen; man soll die Schieber nach einander zum Abschluß bringen. In dieser Einlauf-Konstruktion fällt selbst bei geöffneten Schiebern die Unterbrechung der Strahlen durch den Schieber und die hinter ihm liegende Wand beinahe so groß aus wie die Strahldicke eines Kanals, und bietet sich somit zur Verschleuderung der Wasserstrahlen hinreichende Gelegenheit dar.

Besser ist die in Fig. 6 links angegebene Anordnung. Der die Ausflußöffnung unmittelbar vor dem Rade regulirende Schieber S_1 findet sich nur in dem äußersten Kanale vor, und zwar so gelegt, daß durch sein Verschieben der Raum zwischen dem regulirten Strahle und dem übrigen Aufschlagswasser sich nicht ändert. Zur Verkleinerung des Ausflußquerschnitts bei allmählich abnehmender Wassermenge von seinem vollen Werthe herab wird zunächst dieser Schieber S_1 benutzt, und sobald er seine Oeffnung vollständig geschlossen hat, wird ein zweiter, vor dem Anfange der Leitflächen liegender Schieber S_2 von der entgegengesetzten Seite her um eine ganze Oeffnung vorgeschoben und gleichzeitig S_1 wieder geöffnet; dann wird wieder mit S_1 regulirt u. s. f. Es können hierbei die Leitschaufeln sehr schwach gehalten werden, und man erhält also einen äußerst geschlossenen Strahl.

Der Wirkungsgrad dieser Tangentialräder, der besten Partialturbinen, ist für veränderliche Wassermengen, unter der Voraussetzung eines guten Einlaufs, fast konstant und beträgt 0,65 bis 0,7.

Da die Tangentialräder für hohe Gefälle billiger kommen als oberschlägige Wasserräder, und ihre größere Umdrehungszahl in den meisten Fällen erwünscht ist, so verdienen sie von etwa 10^m Gefälle an den Vorzug vor den oberschlägigen Rädern. Es ist aber zu ihrem Betriebe sehr reines Wasser erforderlich; ein kleiner Körper, der zwischen Einlauf und Rad gelangt, kann das größte Unheil stiften; sehr engmaschige Gitter müssen vor der Rohrleitung A

angebracht werden, um den Eintritt gefährlicher Körper nach Möglichkeit zu hindern.

III. Bisher wurde bei den Turbinen eine axiale oder eine radiale Wasserströmung durch das Rad angenommen; man kann natürlich dem Wasser auch komplizirtere Wege vorschreiben, die axiale und radiale Bewegung mit einander vereinigen. Eine Turbine mit derartiger Bewegung des Wassers ist von Schiele ausgeführt worden und in Fig. 7, Taf. 137 angegeben. Das Wasser strömt durch das Einfallrohr A in den das Leitrad der abnehmenden Durchflußquerschnitte wegen exzentrisch umgebenden Wasserkasten B, bewegt sich durch die nach dem Rade zu an Höhe einbüßenden Leitkanäle L mit anwachsender Geschwindigkeit und tritt in das Rad anfangs mit Radialbewegung, die aber sehr bald verschwindet, der axialen Bewegung Platz machend, mit der das Wasser aus dem Rade geht. Um die axiale Komponente des Wasserdrucks für die Einwirkung auf den Zapfen aufzuheben, sind zwei Turbinen mit entgegengesetzter axialer Wasserbewegung über einander gelegt; auch hat man zur weiteren Entlastung des Zapfens von einem Theile des Radgewichts den Raum zwischen der Welle und dem inneren Turbinenkranze oben und unten durch Deckel luftdicht geschlossen, also eine Trommel gebildet, die im Wasser einen kräftigen Auftrieb erfährt. Die Regulirung der Wassermenge geschieht durch Schieber S, die sich zwischen Leitrad und Turbine setzen und einzelne Oeffnungen des Leitrades verschließen. Der Wasserdruck gegen den Zapfen fällt bei Druckturbinen, für welche der Abschluß einzelner Leitkanäle nur anwendbar ist, sehr gering aus und macht solche Doppelturbinen nicht erforderlich. Reaktionsturbinen mit axialer Wasserbewegung geben allerdings größeren Zapfendruck, den aber ein gut eingerichteter Zapfen ohne Beschwerde aufnimmt; sollte man indessen hinsichtlich dieses Punktes Bedenken haben, so braucht man nur eine reine Radialturbine anzuwenden, welche den Zapfen durch das Wasser lediglich mit dem Gewichte der im Rade befindlichen Wassermenge belastet. Die Ausführung der Doppelturbinen bringt eine Verkleinerung des Turbinenhalbmessers und folglich eine Vergrößerung der Umdrehungszahl mit sich, die selten angenehm ist, dann aber bei den reinen Radialturbinen (Thomsons Turbine) sich leichter als bei der Schiele'schen Konstruktion herstellen läßt. Das

Vorhandensein der Lufttrommel entschädigt nicht für die größeren Widerstände, die bei der Schiele'schen Turbine das Wasser in seiner sehr gezwungenen Bahn im Rade erleidet. Die Leichtigkeit der Herausnahme der Turbine ist mehreren Aufstellungen eigen. Es liegt somit kein Grund vor, zu dieser komplizirten Turbine zu greifen; man kann sich mit den reinen Axial- und Radialturbinen begnügen.

Der hier zur Verfügung stehende Raum gestattete nicht, auf die Theorie der Turbinen näher einzugehen; es muß in dieser Hinsicht auf die neuerdings erschienenen Arbeiten verwiesen werden:

Redtenbacher, Theorie und Bau der Turbinen. 2. Auflage. Mannheim 1860.

Rittinger, Theorie und Bau der Rohrturbinen. 2. Auflage. Prag 1865.

Schmidt, Gust., Ueberblick über die verschiedenen Turbinentheorien (Separatabdruck aus dem XI. Bande des österreich. Berg- und Hüttenm. Jahrbuchs). Wien 1862.

Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Bd. II. 4. Aufl. Braunschweig 1865.

Wiebe, Allgemeine Theorie der Turbinen; in den Jahrgängen 1866 und 1867 der Zeitschrift für Bauwesen, von Erbkam. Berlin.

O. Grove.

Wismuth.

Das Vorkommen des Wismuths auf unserem Planeten ist ein sehr beschränktes, sowohl hinsichtlich der Fundorte als der Anzahl seiner Erze. Als letztere sind nur anzuführen:

1) Gediegen Wismuth, kommt vorzüglich auf Gängen im Ur- und Uebergangsgebirge, besonders im Gneis und Thonschiefer, meistens in Begleitung von Kobalt- und Nickelerzen, oft auch mit Silbererzen vor. Es findet sich vornehmlich im Erzgebirge, so zu Schneeberg, Annaberg und Marienberg, ferner in geringerer Menge zu Joachimsthal, auch auf dem Zinnstockwerk zu Altenberg; in der Löling in Kärnthen, bei Fahlun und am Bipsberg in Schweden; bei Modum in Norwegen; auch in Frankreich, Cornwall und Nord-

amerika. Von technischer Wichtigkeit ist jedoch nur das Vorkommen im Erzgebirge und zu Joachimsthal in Böhmen.

2) Wismuthglanz (Schwefelwismuth) und 3) Wismuthocher (Wismuthoxyd) finden sich in kleinen Mengen als Begleiter des gediegenen Wismuth.

Das so sparsame Auftreten des Wismuths bedingt den hohen Preis von etwa 5 Rthlrn. pr. Pfd.; woraus sich erklärt, daß selbst sehr arme Erze von wenigen Prozenten Wismuthgehalt noch mit Vortheil auf dieses Metall verhüttet werden können.

Gewinnung des Wismuths. Das Wismuth wurde früher nur, und wird auch gegenwärtig noch zum größten Theil durch Saigerung gewonnen, doch eignen sich hierzu nur reiche Erze und auch diese behalten stets einen Theil des Metalls zurück, so daß der Saigerprozeß eigentlich als ein höchst unvollkommener verlassen werden sollte, wenn er nicht auch gewisse Vortheile, so namentlich einen geringeren Verbrauch an Brennstoff und die Gewinnung eines reineren Metalls, mit sich brächte. Diese (relative) Reinheit hat ihren Grund in dem so niedrigen Schmelzpunkt des Wismuths (249° C.) wobei eine Wechselwirkung zwischen ihm und den anderen metallischen Verbindungen, die es verunreinigen könnten, weniger, als bei dem Tiegelschmelzen, wovon weiter unten, zu befürchten steht. obwohl auch das ausgesaigerte Wismuth keineswegs rein, sondern gewöhnlich blei-, kupfer-, nickel-, eisen-, arsen- und schwefelhaltig ausfällt und erst durch nachfolgende Operationen so weit gereinigt werden muß, wie es der Handel verlangt. Aus den Rückständen von der Saigerung sucht man das darin noch vorhandene Wismuth zu gewinnen, entweder durch eine Waschung mit Wasser, wobei ein wismuthhaltiger Schlamm erfolgt, oder durch eine Schmelzung mit geeigneten Flußmitteln.

Nach der ältesten Methode mengte man die wismuthhaltigen Kobalterze mit etwas Kohlenklein und ließ sie auf eine Holzunterlage gestürzt niederbrennen. Eine Verbesserung erfuhr dieses primitive Verfahren durch die Anwendung eines Herdes, ähnlich den Kupfersaigerherden, der aber mit einem Gewölbe überspannt und am hintern Ende mit einer Rostfeuerung versehen war. Um das aussaigernde Wismuth, das zwischen den Saigerscharten herabfloß, vor Oxydation zu schützen, brachte man in die Saigergasse eine Lage

Kohlenklein, welche über dem Wismuth eine schützende Decke bildete.

Besser noch, als die Herdsaigerung empfiehlt sich die in Schneeberg übliche Saigerung in eisernen Röhren. Es sind dieß gußeiserne Röhren von 4 Fuß Länge und elliptischem Querschnitt, deren 11 in zwei Reihen über einander in geneigter Lage liegen. Die unteren sechs haben 12 und 8 Zoll, die oberen fünf etwas kleineren 8 und 6 Zoll im lichten Durchmesser. Die Erze von durchschnittlich 12 Proz. Wismuthgehalt werden durch das hintere, höher liegende Ende in die Röhren eingebracht, und zwar in jede der unteren 25 Pfd., in die oberen 20 Pfd. Erz. Jede Operation dauert 15 bis 20 Minuten und liefert etwa zwei Drittheile des Wismuths, während ein Drittheil in den Rückständen verbleibt. Zum Abfließen des aussaigernden Wismuths haben die vorderen geschlossenen Enden der Röhren kleine Oeffnungen, von wo das Wismuth durch Rinnen nach einem Kessel fließt, aus welchem man es von Zeit zu Zeit in eiserne Pfännchen gießt. Die aus den hinteren, während der Operation durch blecherne Deckel geschlossenen Oeffnungen der Röhren ausgezogenen Rückstände liefern beim Verschmelzen eine wismuthhaltige Speise, aus welcher durch Saigern auf einem Herde noch ein Theil des Wismuths gewonnen wird.

In ähnlicher Weise, aber in einem Ofen mit 3 Röhren findet auch in Joachimsthal die Aussaigerung der reichen Erze Statt, während sowohl die ärmeren Erze von weniger als 10 Proz. Wismuthgehalt, wie auch die Saigerrückstände durch T i e g e l s c h m e l z e n zu Gute gebracht werden. Man mengt zu dem Ende die zuvor fein gepochten Erze mit 28 Proz. Eisendrehspänen und sonstigem alten Schmiedeisen, 15 bis 50 Proz. Soda, 5 Proz. Kalk und 5 Proz. Flußspath und bringt sie in Chargen von 1 Ztr. in große Tiegel, bedeckt die Masse noch mit 5 Prozent Soda, schließt die Tiegel mit Deckeln und erhitzt zum Schmelzen. Nachdem der Inhalt größtentheils zu einer glasartigen Masse geschmolzen ist, rührt man diese um, überläßt sie kürzere Zeit der Ruhe und schöpft dann mit einer eisernen Kelle die zu oberst befindliche glasartige Schlacke, dann die Speise, nämlich Schwefeleisen und andere Schwefel- und Arsenverbindungen, und zuletzt das zu unterst angesammelte Wismuth aus. Eine Schmelzung erfordert etwa 7 Stunden. Das Tiegelschmelzen

gewährt trotz der höheren Kosten durch das Mehrausbringen an Wismuth dem Saigerverfahren gegenüber erheblichen Vortheil und ist bei ärmeren Erzen, welche beim Saigern gar kein Wismuth hergeben würden, allein anwendbar.

Bei bleihaltigen Erzen geht das Blei in das Wismuth über, welches dadurch für den Handel seinen Werth verlieren würde, wenn nicht durch ein von Patera erfundenes Verfahren die Trennung beider Metalle zu ermöglichen wäre. Dieses Verfahren beruht auf der größeren Affinität des Bleies zum Sauerstoff, also seiner leichteren Oxydirbarkeit, und besteht in einem mehrmals wiederholten Abtreiben im Treibofen. Das Blei oxydirt sich zuerst und bildet eine nur Spuren von Wismuth enthaltende gelbe Glätte, während später eine grüne, wismuthhaltige Glätte erfolgt. Man reduzirt die letztere im Krummofen und unterwirft das so erhaltene wismuthhaltige Blei abermals dem Treiben. Das Blei oxydirt sich wieder zuerst, fließt theils als Glätte ab oder zieht sich in den Herd, später kommt grüne wismuthhaltige Glätte, und schließlich bleibt, in einer durch öfteres Probenehmen zu ermittelnden Periode, fast bleifreies Wismuth auf dem Treibherde zurück. Man gewinnt so ein, nur noch Spuren von Blei und Eisen nebst etwas Silber enthaltendes Wismuth. Die erwähnte Probe besteht darin, das Wismuth in Salpetersäure zu lösen, was leicht und schnell von Statten geht, sodann Salzsäure und starken Weingeist hinzuzufügen, wobei etwa vorhandenes Blei als unlösliches Chlorblei gefällt wird. Man erkennt so aus der Stärke des Niederschlags, die sich nach einiger Uebung leicht beurtheilen läßt, ohne daß es einer Wägung bedürfte, den Grad der Reinheit des Wismuths.

Um das Wismuth, so wie es durch die Saigerung der Erze gewonnen wurde, von den ihm beiwohnenden kleinen Mengen Blei, Nickel, Kupfer, Eisen, Arsen und Schwefel zu reinigen, entfernt man zunächst den letzteren durch Einschmelzen des Wismuths bei möglichst niederer Temperatur auf einer geneigten Ebene, wobei das weniger leicht schmelzbare Schwefelwismuth in Gestalt einer krystallinischen Masse zurückbleibt, während reineres Metall abfließt. Dieses wird sodann mit einer kleinen Menge Salpeter in einem Tiegel geschmolzen, wobei sich die fremden Metalle vorzugsweise oxydiren. Durch herausgenommene Proben läßt sich die fortschreitende Reini-

gung des Wismuths nach den Anlauffarben beurtheilen, und zwar deutet eine grüne oder goldgelbe Anlauffarbe auf Reinheit, blaue, violette oder rothe Anlauffarbe dagegen auf noch nicht genügende Reinheit.

Eigenschaften des Wismuths. Das Wismuth besitzt eine ins röthliche spielende weiße Farbe, einen ausgezeichnet blättrigen Bruch, ist spröde, so daß es im Mörser leicht zu Pulver gerieben werden kann. Spez. Gew. = 9,9; Schmelzpunkt 249° C. Es besitzt starkes Krystallisationsvermögen, besonders im Zustande der Reinheit und kann in prachtvollen Krystallgruppen erhalten werden, wenn man es in größeren Quantitäten in einem Tiegel oder Kessel einschmelzt, es bis zur Bildung einer erstarrten Kruste auf der Oberfläche ruhig stehen läßt, sodann ein Loch in die Kruste stößt und das noch flüssige Metall rasch ausgießt. Man findet dann die Wände des Gefäßes, besonders aber die Unterseite der Kruste mit Krystallisationen bedeckt, die aus rechtwinklig aneinanderstoßenden, offenbar durch Vereinigung würfelförmiger Krystalle gebildeter Reihen bestehen und sich theils zu langen oft fingerdicken Prismen, theils zu flacheren, treppen- und trichterförmigen Figurationen vereinigen, dabei mit den prachtvollsten grünen und gelben Farben angelaufen sind. Der Name „Wismuth" soll von diesen grünen Anlauffarben hergenommen, und aus „Wiesenmatten" entstanden seyn (?).

Seiner Sprödigkeit und geringen Festigkeit wegen, auch abgesehen von dem hohen Preise, findet das Wismuth allein für sich keine Verwendung, wohl aber bieten einige Legirungen, besonders die mit Zinn und Blei, wissenschaftliches sowohl als technisches Interesse dar, da sich diese Legirungen durch ihre Leichtschmelzbarkeit auszeichnen. 8 Gewichtstheile Wismuth, 5 Blei und 3 Zinn geben eine schon bei $94^1/_2$° C. schmelzende Legirung, Newtons Metall; 2 Wismuth, 1 Blei und 1 Zinn das bei $93^3/_4$° schmelzende Rose'sche Metall. Noch leichter schmelzbar ist die Legirung von 5 Wismuth, 3 Blei und 2 Zinn. Man bedient sich dieser Legirung zum Abklatschen der Holzschnitte. In auffallendem Grade erhöht ein Zusatz von Kadmium, eines doch erst bei 455° schmelzenden Metalls, die Leichtschmelzbarkeit der Legierung; so schmilzt die von Wood angegebene Komposition aus 5 bis 8 Wismuth, 4 Blei, 2 Zinn und 1 bis 2 Kadmium bei 66 bis 72°C., eine von Lipowitz auf-

gefundene noch bessere Zusammensetzung von 15 Wismuth, 8 Blei, 4 Zinn und 3 Kadmium schmilzt schon bei 60° und fängt schon bei 55° an zu erweichen.

Eine Legirung von 3 Zinn, 2 Blei und 1 Wismuth wird zur Anfertigung von Zeugdruckformen gebraucht; eine solche aus gleichen Theilen aller drei Metalle zusammengesetzte dient zum Abklatschen der Perrotineformen, doch wird für diesen Zweck auch eine Legirung von 48 Zinn, 32½ Blei, 9 Wismuth und 10½ Antimon empfohlen. Ueber verwandte Mischungen, welche als Loth gebraucht werden, s. m. den Artikel Löthen (Bd. IX. S. 446). Eine andere Anwendung der Wismuthlegirungen ist die zur Sicherung der Dampfkessel gegen das Zerspringen, indem man Oeffnungen an geeigneten Stellen mit leicht schmelzbaren Stöpseln verschließt, welche bei gefahrdrohender Dampfspannung und entsprechend zu hoher Temperatur des Kessels zum Schmelzen kommen. Es sind zu diesem Zweck die folgenden, verschiedenen Dampfspannungen entsprechenden Zusammensetzungen ermittelt:

Dampfdruck nach Atmosphären.	Schmelzpunkt der Legirung.	Legirung: Wismuth.	Blei.	Zinn.
1	100° C.	8	5	3
1½	113,3 „	8	8	4
2	123,3 „	8	8	8
2½	130 „	8	10	8
3	132,4 „	8	12	8
3½	143,3 „	8	16	14
4	145,4 „	8	16	12
5	153,8 „	8	22	24
6	160,2 „	8	32	36
7	166,5 „	8	32	28
8	172 „	8	30	24

Wismuthamalgam im Verhältniß von 4 Wismuth auf 1 Quecksilber dient zur inneren Belegung spiegelnder Glaskugeln; einer Legirung von 12 Wismuth, 20 Quecksilber, 7 Zinn und 4 Blei bedient man sich zum Einspritzen anatomischer Präparate.

Das Wismuth bildet mit dem Sauerstoff drei Verbindungen, ein Oxydul von der Zusammensetzung BiO, ein Oxyd Bi_2O_3 und

eine Säure Bi_2O_5. Das erste, ein grauschwarzes, und die letztere, ein im Wasser unlösliches braunrothes schweres Pulver, sind wenig bekannt und nur von theoretischem Interesse. Das Oxyd, in der Natur als Wismuthocher vorkommend, ist ein hellgelbes Pulver, wird beim Erhitzen vorübergehend rothgelb und schmilzt bei stärkerem Erhitzen zu einem braungelben Glase. Es besitzt ein bedeutendes Lösungsvermögen für andere Metalloxyde und greift, ebenso wie Bleioxyd, die Masse der Schmelztiegel stark an. Die einzige technische Verwendung ist die als Bindemittel beim Vergolden, des Porzellans, wobei das durch Fällung mittelst Eisenvitriol erhaltene sehr fein zertheilte Gold mit Wismuthoxyd und Spik- oder Lavendelöl sehr anhaltend abgerieben, dann mit dem Pinsel aufgetragen und in der Muffel eingebrannt wird. Dabei dient das schmelzende und sich mit der Glasur des Porzellans verbindende Wismuthoxyd zur Befestigung des Goldes.

Unter den Wismuthsalzen verdient das salpetersaure Wismuthoxyd angeführt zu werden. Es krystallisirt aus der, überschüssige Säure enthaltenden Lösung in großen durchsichtigen Krystallen. Mit Wasser vermischt zerfällt es in ein aufgelöst bleibendes saures und ein in Gestalt eines weißen unlöslichen Pulvers sich niederschlagendes basisches Salz, Magisterium bismuthi, welches theils als Medikament innerlich gegeben, theils auch in gleicher Weise wie das Wismuthoxyd zur Porzellanvergoldung gebraucht wird.

Gießt man eine Auflösung von salpetersaurem Wismuthoxyd in eine verdünnte Kochsalzlösung, so bildet sich sofort ein schneeweißer Niederschlag von basischem Chlorwismuth, der als weiße Schminke gebraucht wird, aber der Haut schädlich ist. Frauen, deren Wangen mit diesem Präparat imprägnirt sind und die unvorsichtiger Weise sich der Schwefelbäder bedienen, laufen Gefahr durch Reaktion des Schwefelwasserstoffs auf das Wismuthsalz mit fast unvertilgbaren braunen oder vielleicht gar schwarzen Wangen aus dem Bade zu kommen.

Wendet man statt des Kochsalzes sehr verdünnte Salzsäure an, so besteht der Niederschlag aus zarten krystallinischen Blättchen, Perlweiß.

Heeren.

Zink.

Dieses eigenthümliche, hochwichtige Metall kommt in folgenden Erzen vor:

1) Galmei, im krystallinischen Zustande auch Zinkspath genannt, ist kohlensaures Zinkoxyd. Er erscheint gewöhnlich in nierenförmigen, traubigen, stalaktitischen oder löchrigen Massen, häufig durch Eisenoxyd verunreinigt und dann von bräunlicher Farbe. Er hält im reinen Zustande 65 Proz. Zinkoxyd, in Folge der Verunreinigungen gewöhnlich viel weniger, wie beispielsweise der Durchschnittsgehalt des Galmeies von Michowitz in Schlesien nur 37,3 Proz. Zinkoxyd beträgt. Der Galmei kommt meistens auf Gängen oder in Nestern im Uebergangsgebirge, selten im Urgebirge vor. Als Hauptfundorte, die auch für die Zinkgewinnung in erster Reihe stehen, sind Tarnowitz, Michowitz und ihre Nachbarschaft in Oberschlesien, dann Altenberg, (Vieille Montagne) zwischen Aachen und Lüttich anzuführen. Andere, weniger wichtige Fundorte sind Raibel und Bleiberg in Kärnthen, Iserlohn und Brilon, Limburg und Philippeville in Belgien, der Hüggel bei Osnabrück, Wiesloch in Baden, Cherbourg, Chessy und andere Orte in Frankreich, Alstonmoor, Castleton, Matlok, Holywell und Mendiphills in England, das Altaigebirge in Rußland, Santander in Spanien, endlich auch Pennsylvanien in Amerika.

2) Zinkglaserz oder Kieselgalmei, ist kieselsaures Zinkoxyd. Aeußerlich dem vorhergehenden sehr ähnlich und häufig mit ihm zusammen vorkommend, daher auch oft als Galmei mit ihm verwechselt, unterscheidet es sich leicht durch Behandlung mit Salzsäure, wobei es nicht, wie jener, Kohlensäure entwickelt, sondern Kieselsäure als Gallerte abscheidet.

3) Rothzinkerz, ein mechanisches Gemenge von Zinkoxyd mit Mangan- und Eisenoxyd, gewöhnlich mit Franklinit durchsetzt, kommt in bedeutenden Massen zu Franklin im Staate New-Jersey (Nord-Amerika) vor und wird theils auf Zink, welches jedoch etwas arsenhaltig, theils auf Zinkweiß verhüttet.

4) Franklinit, gleichfalls Zink-, Mangan- und Eisenoxyd, aber bedeutend ärmer als das vorhergehende, hält durchschnittlich

nur 17 Proz. Zinkoxyd, und findet zur Zeit zur Zinkgewinnung keine Anwendung.

5) Zinkblende. Schwefelzink mit 66,9 Proz. Zink; gewöhnlich von brauner oder schwarzer, selten von gelber, rother oder grüner Farbe. Sie ist sehr verbreitet und tritt häufig auf Gängen als Begleiter anderer Erze auf. Trotz der mit ihrer Verhüttung verbundenen Schwierigkeiten und der geringeren Reinheit des aus ihr zu gewinnenden Zinkes hat sie doch in neuerer Zeit, in Folge des von Jahr zu Jahr steigenden Zinkbedarfs, für die Zinkgewinnung große Wichtigkeit erlangt.

Darstellung des Zinkes. 1) Aus dem Galmei. Derselbe wird, nach vorhergegangener Röstung zur Entfernung von Kohlensäure und Wasser, mit Kohle gemengt und in geeigneten Apparaten reduzirt. Da die hierzu erforderliche Temperatur von etwa 1300° höher liegt als der Siedpunkt des Zinkes 1200°, so entweicht dieses dampfförmig und bedarf zu seiner Verdichtung, die wegen des gleichzeitig entweichenden Kohlenoxydgases ihre Schwierigkeiten hat, besonderer Apparate. Ohne, des sehr beschränkten Raumes wegen, auf die ohnehin durch unzählige Beschreibungen und Abbildungen genügend bekannte Konstruktion der älteren Zinköfen, unter welchen der alte englische mit Tiegeln oder Häfen nur noch der Geschichte angehört, eingehen zu können, beschränken wir uns auf einige neuere Konstruktionen.

Der belgische oder lütticher Röhrenofen in der jetzt üblichen Einrichtung ist im vertikalen Durchschnitt und im Aufriß in Fig. 4 auf Tafel 138 dargestellt. Die Röhren, aus einer Mischung von 4 Gewichttheilen belgischem und 3 Gth. rheinischem Thon nebst 8 Scharmott (aus Bruchstücken alter Röhren) geformt und gebrannt, erhalten eine Länge von 3 Fuß 9 Zoll, einen inneren Durchmesser von 6 Zoll und eine Wandstärke von 1½ Zoll. Sie halten etwa 10 Tage, die im oberen Theil des Ofens liegenden wohl 15 Tage. Die gewöhnlichen Oefen fassen 61 Röhren außer den die untere Reihe bildenden 8 dickeren Röhren (protecteurs), welche keine Ladung erhalten und nur zum Schutz der Destillirröhren gegen die Stichflamme dienen. Die Destillirröhren erhalten eine etwas geneigte Lage, wogegen die Protecteurs horizontal liegen. Das hintere geschlossene Ende der Röhren ruht, wie aus Fig. 5 ersichtlich, auf vor-

springenden steinernen Unterlagen, das vordere offene Ende ebenfalls auf Steinen a, welchen durch angefügte Gußeisenplatten b größere Tragkraft ertheilt ist. Diese Steine und Platten tragen je zwei nahe neben einander liegende Röhren und ruhen mit beiden Enden in Fugen vertikaler Steine, so daß die Vorderseite des Ofens durch eine Art Gitterwerk gebildet ist, in welches die Röhren paarweise eingelegt und mit Lehm c verkittet werden. Die thönernen Vorlagen (tubes) d von etwas konischer Form werden in den Mündungen der Röhren mit Thon einlutirt und erhalten, statt der früher üblichen kleinen konischen Verlängerungen, Blechgefäße (alonges) e von der aus der Zeichnung ersichtlichen Form zur Aufnahme des Zinkstaubes, während sich das Zink flüssig in den Vorlagen d sammelt. Jede Röhre wird mit 25 Pfd. Mischung (Galmei und Kohle) beschickt, nur die oberen Röhren werden zur Reduktion solcher Abfälle, wie Zinkstaub, Ansätze von Zinkoxyd aus den Vorlagen und dergleichen gebraucht, die keiner sehr hohen Temperatur bedürfen. Im Verlauf von 12 Stunden ist die Destillation beendigt, worauf die Vorlagen weggenommen, die Rückstände mittelst einer Kratze und eines Räumeisens aus den Röhren entfernt und in den Kanal o (Fig. 4) geworfen werden. Das in den Vorlagen sich sammelnde Zink zieht man in zwei Malen, je nach 6 Stunden, nach dem Abnehmen der Alongen mittelst kleiner Kratzen aus und gießt es, nach Entfernung der Unreinigkeiten von der Oberfläche, in eisernen Formen zu viereckigen Platten von 30 bis 35 Pfd.

Die schlesische Zinkgewinnung in Muffeln scheint doch, abgesehen von lokalen Verhältnissen, welche bei hohen Preisen der Kohlen und niederen Preisen des Thons sich zu Gunsten des lüttiсher Ofens stellen können, den Vorzug zu verdienen, besonders wegen der viel längeren Dauer der Destillationsgefäße, deren Wechsel mit Störungen und Verlusten verbunden ist. Den alten, auch jetzt noch gebräuchlichen Zinkofen als hinlänglich bekannt übergehend, beschränken wir uns auf eine verbesserte Konstruktion, die des belgisch-schlesischen Zinkofens, der zuerst in den belgischen Hütten zu Valentin Cocq und Flône, auch zu Borbeck in Westphalen aufgekommen, sich sodann auch auf andere, namentlich englische Hütten verbreitet hat. Fig. 1 Taf. 138 zeigt denselben im Grundriß, Fig. 2 und 3 in vertikalen Durchschnitten. Diese Oefen weichen von den älteren hauptsächlich

in drei Punkten ab, nämlich 1) durch die größere Anzahl der Muffeln, gewöhnlich 32, wogegen die alten Oefen deren nur 20 enthalten, 2) durch die Gestalt der Vorlagen, welche mit jenen des Lütticher Ofens ziemlich übereinstimmen, 3) durch die Direktion der Flamme, welche man, um die Hitze mehr nach unten zu leiten, durch Oeffnungen a a a im Herde, nahe den vorderen Enden der Muffeln, nach unten in Kanäle b b und von da in den großen Schornstein abziehen läßt, während bei dem alten Ofen ganz ohne Schornstein die Flamme durch Oeffnungen im Gewölbe des Ofens abzieht und so dem unteren Theil des Ofens viel weniger als dem oberen Theil zu Gute kommt. Die Anordnung der Muffeln zu je zweien in den durch Scheidewände c c getrennten Nischen d d ist ganz die alte. Den Vorlagen hat man zweckmäßig zur besseren Ansammlung des Zinkes Ausbauchungen e e ertheilt. Die zur Aufnahme der Rückstände aus den Muffeln dienenden Oeffnungen f f in jeder Nische vereinigen sich unter dem Herd und führen wie in Fig. 1 durch punktirte Linien angegeben, die Rückstände in das Gewölbe g. Dieses kreuzt sich mit dem als Aschenfall dienenden Gewölbe h unter dem Roste i. Durch die Kanäle b b gelangt die abziehende Flamme in die Essen k k. Es liegen gewöhnlich zwei Oefen neben einander, wie auch Fig. 1 und 2 andeuten, und die zwischen ihnen ausgesparten Räume l l dienen zum Umschmelzen des Zinkes.

Zinköfen mit je zwei über einander liegenden Muffeln sind auf der Birkenganger Hütte bei Stolberg eingeführt und scheinen sich vollkommen zu bewähren. Einen Durchschnitt eines solchen zeigt Fig. 6 (Taf. 138). Ungeachtet auch hier die Flamme nach unten durch Löcher zwischen den Muffeln in einen gemeinschaftlichen Kanal a und von da in den Schornstein abzieht, steigt dennoch die Hitze im oberen Raum des Ofens höher als unten auf dem Herd, weßhalb man den oberen Muffeln etwas größere Dimensionen ertheilt als den unteren. Die Gestalt der Vorlagen, welche ebenfalls mit Alongen versehen werden, ist durch die untere Ausbauchung zur Aufnahme des Zinks geeignet. Diese Oefen enthalten 60 Muffeln und gewähren eine Ersparniß an Brennmaterial von 25 Prozent. Die Beschickung jeder Muffel beträgt 74 bis 80 Pfd.

Von Vielen bereits wurde das Problem der Zinkgewinnung in Schachtöfen bearbeitet, wiewohl bis jetzt ohne befriedigenden Erfolg.

Ein sehr sinnreich ausgedachter aber komplizirter Apparat, bei welchem das mit Brennmaterial und Kalk zu Ziegeln geformte Erz in einen Hochofen eingetragen wird und die gebildeten Zinkdämpfe durch Oeffnungen in der Rastgegend austreten, um kondensirt zu werden, ist von Müller und Lencauchez erfunden. Eine Abbildung desselben findet man im XIII. Bande von Armengaud's Publication industrielle. Aber sowohl dieser so wie alle andere Versuche im Hochofen scheiterten an dem Uebelstande, daß in Schachtöfen sich neben Kohlenoxyd jederzeit auch etwas Kohlensäure vorfindet, daß aber diese letztere bei hoher Temperatur an metallisches Zink die Hälfte ihres Sauerstoffgehaltes abgibt und dasselbe zu Zinkoxyd oxydirt. Man hat daher in Schachtöfen stets mit der Bildung von regenerirtem Zinkoxyd zu kämpfen.

2) Verhüttung der Zinkblende. Sie beruht auf der Umwandlung der Zinkblende in Zinkoxyd vermittelst oxydirenden Röstens, und nachheriger Reduktion desselben. Die Röstung der Blende geht aber wegen ihrer Härte, die sich der Einwirkung des Sauerstoffs auf die inneren Theile widersetzt, nur langsam von Statten, verlangt eine Zerkleinerung wenigstens bis zu 2 Linien Korngröße und muß bei zuletzt gesteigerter Hitze längere Zeit fortdauern. Der Schwefel entweicht dabei theils als schweflige Säure, theils bleibt er in Verbindung mit Zinkoxyd als schwefelsaures Salz zurück, dessen Zersetzung nur durch gesteigerte Hitze und selbst dadurch nicht leicht vollständig erfolgt, so daß geröstete Blende gewöhnlich noch 1 bis $1\frac{1}{2}$ Proz. Schwefel, theils als Schwefelzink theils als schwefelsaures Zinkoxyd, zurückhält. Die Röstung wird meistens in Flammöfen, und zwar am vortheilhaftesten in Doppelöfen mit zwei übereinanderliegenden Herden bewirkt, auf deren oberstem, durch die von dem unteren abziehende Flamme geheiztem Herde die Röstung 12 Stunden fortgesetzt und dann, nach dem Herabstürzen des halbgerösteten Erzes auf den unteren Herd, auf diesem bei bedeutend höherer Temperatur in abermals 12 Stunden beendigt wird. Man ersieht aus dieser langen, 24 Stunden dauernden und dem entsprechend viel Brennmaterial beanspruchenden Röstung, daß nur ein sehr niedriger Preis der Blende und des Brennstoffs ihre Konkurrenz mit dem Galmei ermöglichen kann. Doppelöfen sind in Anwendung auf den Zinkhütten zu Stolberg, auf den der Altenberger Gesellschaft gehörenden

Zinkwerken zu Borbeck und Oberhausen, dann in England zu Llansamlet und Moristan bei Swansea, woselbst neben den inländischen Blenden importirte spanische Galmeie und Blenden in großen Quantitäten verhüttet werden.

Wird beim Rösten der Zinkblende die Benützung der schwefligen Säure zur Schwefelsäurefabrikation bezweckt, wie zu Przibram und theilweise zu Stolberg, so nimmt man die Röstung in Muffelöfen vor, welche ebenso wie die vorhin angeführten Röstöfen zwei Muffeln über einander enthalten.

Die bedeutend höheren Gestehungskosten des Zinkes aus Blende ergeben sich aus den Kalkulationen der Zinkwerke zu Valentin Coq und Flône in Belgien, wo sich die Gestehungskosten aus Galmei pro Ztr. Zink (ausschließlich der Kosten der Erze) auf 12 Frc. 66 Ct. stellen, und der zu Berge-Borbeck, woselbst man Blende verhüttet und sich die Kosten pro Ztr. Zink auf 17 Frc. 58 Ct. berechnen.

Das aus den Vorlagen entnommene, ebenso das aus den schlesischen Oefen erfolgende Tropfzink bedarf, um sich für den Handel zu eignen, einer weiteren Behandlung, um es von Zinkoxyd, Kohlenstaub und anderem mechanisch anhängenden Staub zu befreien. Es geschieht dieß durch Umschmelzen in eisernen oder thönernen Kesseln, von welchen die ersteren zwar weniger zerbrechlich, aber dem Zink dadurch nachtheilig sind, daß sie ihm einen erhöhten Eisengehalt zuführen. Sie werden vom Zink so stark angegriffen, daß sie nach 3 bis 4 Wochen durchlöchert sind. Es ist beim Umschmelzen jede Ueberhitzung zu vermeiden, nicht nur wegen Verlustes durch Oxydation, sondern auch, weil ein mit Oxyd innig gemengtes Zink sogenanntes *verbranntes* Zink, schlecht zu verarbeiten und kaum von dem aufgenommenen Oxyd zu befreien ist. Durch Umschmelzen im Flammofen werden zwar die Uebelstände der eisernen und thönernen Kessel umgangen, aber in Folge der großen Oberfläche des auf dem Herde ausgebreiteten Zinks ist eine theilweise Oxydation kaum zu verhindern, welche freilich bei kadmiumhaltigem Zink in so fern günstig wirkt, als das Kadmium durch Oxydation größtentheils entfernt wird.

Karsten fand in dem aus Galmei gewonnenen Zink von der

Lydogniahütte und anderen benachbarten Hütten die folgenden Verunreinigungen:

Werk- oder Tropfzink in drei, aus verschiedenen Erzen gewonnenen Sorten gab im Mittel 0,616 Proz. Blei, 0,040 Eisen und 0,788 Kadmium.

Kaufzink. 13 Sorten gaben im Mittel 1,595 Blei, 0,154 Eisen und 0,798 Kadmium. Der größte Bleigehalt betrug 2,36, der niedrigste 0,24 Proz.

Raffinirtes Zink, durch Umschmelzen im Flammofen gereinigt, theils von Neustadt Eberswalde, theils von Hegermühle gab im Mittel 5 Sorten 1,59 Prozent Blei, 0,05 Kadmium und eine Spur Eisen.

Zinkblech in 10 guten Sorten von Hegermühle, Rybnik, Malapane und Ohlau in Schlesien und von Lüttich gab im Mittel 1,213 Blei, 0,142 Kadmium und eine Spur Eisen. Bei keiner dieser Analysen wurde Schwefel oder Arsenik aufgefunden, ohne Zweifel, weil zur Zeit dieser Analysen noch kein Zink aus Blende dargestellt wurde. Taylor, Eliot und Storer haben Schwefel in vielen Zinksorten, besonders im Blendezink gefunden, Arsen wurde von Schafhäutl in verschiedenen Sorten des Handels nachgewiesen, doch scheinen diese Fälle zu den Ausnahmen zu gehören, denn die meisten im Handel vorkommenden, besonders die schlesischen Zinksorten geben mittelst des so überaus empfindlichen Marsh'schen Verfahrens keine Spur davon zu erkennen.

Blei, welches die Hauptverunreinigung bildet, übt einen sehr merkbaren Einfluß auf die Festigkeit des Zinkes, macht es mürbe. Zink mit 1½ Proz. Blei läßt sich noch walzen, gibt aber ein mürbes, leicht brüchiges Blech; selbst bei 3 Proz. Blei ist es noch walzbar, das Blech aber natürlich noch schlechter. Eisen in kleiner Menge scheint die Festigkeit des Zinkes nicht zu beeinträchtigen; über 0,2 Proz. desselben macht das Zink härter und erschwert das Auswalzen zu Blech. Eliot und Storer fanden im gewöhnlichen Zink des Handels 0,05 bis 0,21, Karsten bis 0,24, und Percy selbst 1,64 Proz. Eisen.

Kadmium in größerer Menge verursacht Sprödigkeit und einen mehr feinkörnigen Bruch; doch läßt sich nach Mentzel selbst bei einem Kadmiumgehalt bis zu 15 Proz. das Zink noch zu 1 Linie

dickem Blech walzen ohne zu reißen. Um ein an Kadmium reiches Zink von demselben zu reinigen und auch das Kadmium zu gewinnen, besteht das verhältnißmäßig einfachste Mittel darin, es in Salzsäure zu lösen, die Lösung dann mit Zink zu digeriren, wobei Kadmium und Blei metallisch gefällt werden, aus der so gereinigten Lösung das Zink durch Kalk als Oxydhydrat zu fällen und dieses im Zinkofen wieder zu reduziren.

Die jährliche Gesammtproduktion unserer Erde an Zink kann auf etwa 2 Millionen Zentner veranschlagt werden, wovon auf Schlesien 782,000, auf Altenberg 541,000, auf die Rheinischen Gesellschaften 220,000, auf verschiedene belgische Gesellschaften 200,000, auf Spanien 30,000, England 150,000, Frankreich 10,000, Oesterreich 15,000, Polen 30,000 kommen.

Eigenschaften des Zinks. Es besitzt eine hellbläulichgraue Farbe einen zackig-blättrigen Bruch. Spez. Gew. des gegossenen 6.86, des gewalzten 7,2. Es steht auf der Grenze zwischen spröden und geschmeidigen Metallen; so läßt sich eine gegossene Zinkplatte hohl liegend durch wiederholte kräftige Hammerschläge zerschlagen, aber es ist unmöglich, es im Mörser zu pulverisiren. Durch Auswalzen verliert sich die Sprödigkeit, so daß Zinkblech nur nach öfterem Hin- und Herbiegen zerbricht. Durch Erwärmen auf 120 bis 150° wird es geschmeidig und fast so weich wie Blei, bei 200° aber wieder so spröde daß es sich im Mörser zerreiben läßt. Es schmilzt bei 423°, kommt bei anfangender Weißglühhitze zum Kochen und kann förmlich destillirt werden. Bei Luftzutritt zum starken Glühen erhitzt, brennt es mit hell leuchtender, bläulich weißer Flamme, wobei das sich bildende Oxyd in leichten fadigen Flocken mit fortgerissen wird und wie Spinnengewebe in der Luft des Arbeitslokales herumfliegt.

Das Zink ist unter den gewöhnlichen Metallen das am meisten elektropositive, daher zur Oxydation sehr geneigt, obwohl es an reiner trockener Luft sich unverändert hält. Alle, selbst die schwächsten Säuren greifen es an, am schnellsten aber löst es sich unter Wasserstoffentwicklung in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure; selbst heiße Kalilauge löst es unter Entwicklung von Wasserstoffgas.

Die größte Menge des produzirten Zinkes wird zu Messing und Rothguß verwendet (s. Messing im IX. Bande); Zinkblech dient zu

Rinnen, Wasserbehältern und mancherlei Klempnerarbeiten. Das Zink eignet sich sehr wohl zu solchen Gußwaaren, z. B. Lampenfüßen, Figuren und anderen Luxusgegenständen, die keiner bedeutenden Festigkeit bedürfen. Man verdeckt die unschöne graue Farbe entweder durch Lackirung, Bronzirung, oder galvanische Verkupferung, selbst Versilberung und Vergoldung, letztere beiden aber erst nach vorhergegangener Verkupferung.

Nach Knaffl läßt sich Zinkblech hübsch und dauernd schwarz färben, nachdem es vorher mit einem Teig von feinem Quarzpulver und verdünnter Schwefelsäure blank gescheuert worden, indem man es einige Augenblicke in eine Lösung von 4 Th. schwefelsaurem Nickeloxydul-Ammoniak in 40 Th. Wasser, welche mit 1 Th. Schwefelsäure angesäuert ist, eintaucht, mit Wasser abspült und trocknet. Dieser schwarze Ueberzug soll vollkommen haften und durch Behandeln mit der Kratzbürste eine hübsche Bronzefarbe, annehmen. — Böttger gibt ein Verfahren an um Zink auf chemischem Wege mit Farbenüberzügen zu versehen. Man wählt dazu am besten das gewöhnliche dünne Zinkblech, welches man mit feinem Quarzsand und schwacher Salzsäure möglichst spiegelblank scheuert, worauf man es in die folgende Kupferlösung eintaucht: Man übergießt 3 Gewichtstheile lufttrocknes weinsaures Kupferoxyd mit einer Auflösung von 4 Gewichtsth. Aetznatron in 48 Gewichtsth. destillirtem Wasser. Bei einer Temperatur von 10°C erhält man bei 2 Minuten langem Eintauchen eine violette, in 3 Minuten eine prachtvoll dunkelblaue, in 4½ Minuten eine grüne, in 6½ Minuten eine goldgelbe und in 8½ Minuten eine purpurrothe Anlauffarbe.

Eine Berliner Fabrik liefert aus Zinkblech gepreßte Säulenkapitelle und andere architektonische Ornamente in allen Dimensionen und großer Vollendung.

Durch das so hervorragend elektropositive Verhalten des Zinks ist es in galvanischen Apparaten fast unentbehrlich, und besitzt es die Fähigkeit, andere Metalle durch bloße Berührung vor Oxydation zu schützen. Das sogenannte galvanisirte Eisenblech verdankt seine außerordentliche Widerstandsfähigkeit gegen den Rost einer Verzinkung (s. Verzinken, Bd. XIX).

Das Zink bildet mit dem Sauerstoff nur eine Verbindung, das Zinkoxyd, von schneeweißer Farbe, welches in neuerer Zeit als weiße

Malfarbe, **Zinkweiß**, hohe Wichtigkeit erlangt und zum Theil das Bleiweiß verdrängt hat, welchem gegenüber es den Vortheil gewährt, sich durch Schwefelwasserstoff nicht zu schwärzen und bei der Fabrikation nicht die Arbeiter in Gefahr tödtlicher Vergiftung zu bringen, dagegen durch etwas minderes Deckvermögen zurücksteht.

Die Fabrikation des Zinkweißes beruht darauf, Zink in geeigneten Gefäßen bei Weißglühhitze zu verdampfen und die Dämpfe einem Luftstrom entgegen zu führen, der sie zu Zinkoxyd verbrennt und durch ein System von Röhren und Kammern leitet, in welchen sich das Zinkweiß absetzt.

Versuche, Zinkweiß direkt aus Erzen darzustellen, indem man die durch Reduktion derselben gebildeten Zinkdämpfe sofort wieder verbrennen ließ, haben wegen der geringen Qualität des Produktes sich nicht bewährt. Unter den verschiedenen für diesen Zweck in Anwendung befindlichen Apparaten ist zunächst der früher, zum Theil auch jetzt noch in den Hütten zu Altenberg (zwischen Aachen und Lüttich) gebräuchliche, aufzuführen. Einen vertikalen Durchschnitt desselben zeigt Fig. 10 (Taf. 138). Zur Verdampfung des Zinks dienen große Tiegel a, deren sieben in einer Reihe in einem 22 Fuß langen, 5 Fuß hohen und 4 Fuß breiten Ofen auf einem erhöhten Herde b stehen. 1⅓ Fuß tiefer liegt zu beiden Seiten der Rost, so daß die Flamme die Tiegel von beiden Seiten erhitzt, dann unten in einen Kanal und von da in den Schornstein der Fabrik abzieht. Die Tiegel sind mit Steinplatten bedeckt, die ein zum Austritt der Zinkdämpfe dienendes Loch enthalten. Oberhalb dieser Platten zieht die Verbrennungsluft, deren Menge durch Register d regulirt werden kann, durch eiserne Kanäle zunächst in Sammelkästen f, von diesen durch schräg auf- und niedersteigende weite Röhren h in Kästen i, aus diesen in aufsteigende Rohre k und schließlich in ein System von Kondensationskammern, von denen endlich der Luftzug in den Schornstein abzieht. Der Apparat ist ein doppelter, enthält zwei Oefen in 24 Fuß Entfernung von einander, deren Röhren jedoch in gemeinschaftliche Sammelkästen i sich vereinigen. Zur Ausleerung des Zinkweißes endigen sich sowohl die Kästen wie auch die Kondensationskammern unten durch pyramidale Verengerungen in kurze Hälse, die man durch leinene Schläuche verschließt. An Stelle stehender Tiegel hat man mit Vortheil liegende

thönerne Retorten eingeführt, so auf den Werken der Vieille Montagne, zu Borbeck, in Frankreich zu Grenelle und Tours. Die Retorten von der in Fig. 11 im Längen- und Querdurchschnitt dargestellten Form haben im Lichten 44 Zoll Länge, 13 Zoll Breite und 4 Zoll Höhe, und liegen, wie Fig. 7 zeigt, paarweise zu zwei über einander und zu je fünf Paar neben einander in der Art, daß an jeder Seite der Feuerung a zehn, also im Ofen zwanzig Retorten Platz finden. Die breiten Mündungen der Retorten treten, wie aus Fig. 8 ersichtlich, durch das vordere dünne Mauerwerk des Ofens hindurch, um in den davor befindlichen Raum b die Zinkdämpfe ausströmen zu lassen, die hier mit aufsteigenden Luftströmen zusammentreten und verbrennen. Um aber die schwereren, oft mit metallischem Zinkstaub verunreinigten Theile abzusondern, sind Zwischenwände gg und dd angebracht, zwischen welchen Kästen cc und hh stehen. In die ersteren fällt das schwere unreine Zinkweiß, in die letzteren ein schon besseres, brauchbares Produkt. Eiserne Trichter ee leiten die mit Zinkweiß beladenen Luftströme in lange weite Röhrenleitungen, ähnlich den in Fig. 10 dargestellten, und schließlich in ein System großer Kondensationskammern von der durch Fig. 9 veranschaulichten Einrichtung. Die einzelnen Kammern sind unten durch Oeffnungen in Verbindung gesetzt, enthalten aber in der Mitte ein großes, die ganze Breite der Kammer einnehmendes Baumwolltuch ee. Es entstehen dadurch in jeder Kammer zwei Abtheilungen, wodurch der Luftzug genöthigt ist, in der durch Pfeile angedeuteten Richtung einen längeren Weg auf und ab zu beschreiben, um so das in äußerst leichten, staubartigen Flocken mitgeführte Zinkoxyd abzusetzen. Zu je zehn Retorten einer Ofenseite sind 21 Kondensationskammern vorhanden, jede von 38 Fuß Höhe, so daß der Luftzug allein in den Kammern einen Weg von etwa 1600 Fuß, außerdem in den Röhren einen Weg von 240 Fuß zurücklegt. Zum Beschicken der Retorten mit dünn gegossenen Zinkplatten dient eine eiserne Thür ii, welche genau vor den Mündungen der Retorten kleine Löcher enthält, durch welche man von Zeit zu Zeit die Mündungen der Retorten, wenn sie sich mit Zinkoxyd zu verstopfen drohen, mittelst eines Eisendrahtes frei macht.

Das aus den Kammern in darunter gestellte Fässer abgelassene Zinkweiß wird natürlich der Feinheit und der Weiße nach sortirt

und so in den Handel gebracht, wogegen die zuerst in unmittelbarer Nähe der Retorten sich absetzenden schwereren, mit Zinkstaub verunreinigten Portionen einer Waschung oder Schlämmung bedürfen, um ein verkäufliches Produkt zu liefern.

Zinkchlorid. Eine zweite technisch wichtige Zinkverbindung ist das Zinkchlorid, welches man leicht durch Auflösen von metallischem Zink oder Zinkoxyd, wozu geringere Sorten und Abfälle von Zinkweiß und Zinkstaub dienen können, in Salzsäure gewinnt. Die Lösung desselben, mit etwas Salmiak versetzt, ist unschätzbar beim Löthen mit Schnellloth, besonders beim Löthen von Eisen, Messing, Kupfer und Zink, was bei Anwendung des sonst üblichen Kolophoniums bei weitem nicht so leicht und sicher gelingt.

Einer stark verdünnten Lösung von Zinkchlorid bedient man sich an manchen Orten zum Präpariren des Holzes, besonders der Eisenbahnschwellen, um sie gegen Verderbniß zu konserviren.

Eine dritte Anwendung desselben ist die zur Anfertigung eines sehr harten Kittes. Wird nämlich Zinkoxyd mit einer konzentrirten Lösung von Zinkchlorid zu einem Teige geknetet, so erhärtet er in kurzer Zeit zu einer steinharten Masse von basischem Zinkchlorid, welche nach dem Erhärten selbst kochendem Wasser widersteht. Möglichste Dichtigkeit und Schwere des Zinkoxyds bedingt die Härte und Festigkeit des Kittes, weßhalb auch gewöhnliches Zinkweiß dazu kaum brauchbar ist. Nach Kubel thut man am besten, Zinkweiß mit überschüssiger Salpetersäure anzumischen, die feuchte, klümprige Masse in einen Tiegel fest einzudrücken, sie so einer strengen Hitze auszusetzen und das erhaltene harte Zinkoxyd fein zu pulverisiren. Beim Gebrauch mischt man es mit einer sehr konzentrirten Lösung von Zinkchlorid von 1,9 bis 2 spezifischem Gewicht zur breiartigen Konsistenz. Man kann diese Masse wie Gyps in Formen gießen, sie auch durch zugesetzte mineralische Farben beliebig färben und zu Mosaikarbeiten verwenden. Vorzüglich gut eignet sich dieser Kitt zum Plombiren der Zähne.

Heeren.

Zinkguß.

Die Benutzung des Zinks im Gießereifache ist wesentlich ein Fortschritt der neueren Zeit und namentlich der letztverflossenen vierzig Jahre. Früher bediente man sich dieses Metalls ziemlich selten und nur, seiner Wohlfeilheit wegen, zu kleinem Gußwerk der gemeinsten Art, wie Gewichtstücken, einfachen Modellen und Kerndrückern für die Messinggießerei ꝛc. Gegenwärtig hat die Zinkgießerei eine bedeutende Ausdehnung auf Erzeugnisse ornamentaler Natur — bei deren Verwendung die Sprödigkeit des Metalls nicht hinderlich ist — erlangt, namentlich verzierte Lampenfüße, zahlreiche kleine Luxuswaren (die man sonst nur aus Bronze oder Eisen goß), Buchstaben zu Aufschriften und ganze Aufschriftentafeln (zur Straßenbezeichnung ꝛc.), architektonische Verzierungen, Vasen, Büsten, Bildsäulen.

Zum Guß von Kleinigkeiten, welche in Menge geliefert werden müssen, bedient man sich, wie für die Zinngießerei, fester Formen von Messing, Bronze, Gußeisen, sogar von Zink selbst (wobei das in der Zinngießerei mehr gebräuchliche Stürzen in Anwendung kommen kann, um kleinere hohle Gußstücke in einer Form ohne Kern darzustellen). Andere, namentlich alle größeren Gegenstände formt man mit Modellen in feinem, ziemlich magerem Sande, und diese Formen werden vor dem Gusse eben so wenig getrocknet wie die Sandformen zum Eisenguß. Man gebraucht zu dieser Formerei zweitheilige Formflaschen wie in der Messinggießerei. Je nach der Größe werden die Güsse 2 bis 7 Millimeter dick gemacht. Gewöhnlich zieht man es vor, sehr stark vertiefte oder ganz hohle Gußstücke zu vermeiden, aus Besorgniß, daß das erkaltende Zink bei der Zusammenziehung (wegen seiner zu geringen Kohäsion) durch den Widerstand des in ihm eingeschlossenen Kerns zerreißen möchte. Man gießt deßhalb Gegenstände von beträchtlicher Größe, und völlig hohle Stücke sogar wenn sie klein sind, in zwei oder mehreren Theilen, die man nachher mittelst des Löthkolbens und gewöhnlichen Schnellloths zusammenlöthet. Gießt man gleichwohl über einen Kern, so macht man diesen schon wegen größerer Nachgiebigkeit lieber aus Sand als aus Lehm, und gebraucht wohl den Kunstgriff, im Innern des Kerns einen Eisenstab, ein Stück Holz oder

dergleichen anzubringen und diesen Theil sofort nach geschehenem Guſſe herauszuziehen, damit der nun hohle Kern leichter dem beim Abkühlen sich zusammenziehenden Metalle weicht. Rohrähnliche hohle Gegenstände von geringem Durchmesser und ziemlicher Wandstärke können indessen ohne Schwierigkeit über einen eisernen, nur dünn mit Lehm bestrichenen Kern gegossen werden. Durch in die Form gelegte, angemessen gebogene Eisendrähte, welche von dem Zink umschlossen werden, kann man allenfalls den Zinkgüssen eine Verstärkung zu größerer Haltbarkeit geben.

Die Modelle für die Sandformerei behufs des Zinkgusses werden nach Originalen von Holz, Gyps ꝛc. aus Zink gegossen. Um z. B. zu einer Statue, die in Gyps modellirt ist, die Zinkmodelle zu machen, wird die Gypsstatue mit einer feinen Säge oder mit einem doppelt zusammengedrehten dünnen Messingdrahte an passend gewählten Stellen zerschnitten: die Stücke werden in Sand geformt, und zwar mittelst des im Hauptwerke, Bd. IX. S. 607 beschriebenen oder eines ähnlichen Verfahrens dergestalt, daß man rückwärts vertiefte Abgüsse von der voraus bestimmten Wanddicke erhält.

Unter Aufwand vieler und künstlicher Arbeit werden Statuen aus Zink im Ganzen gegossen, indem man sich dabei wesentlich derselben Verfahrungsarten bedient, welche für den Bronze-Kunstguß üblich sind (s. den Artikel Bildgießerei im II. Bande des Hauptwerks). Sofern es sich um Statuetten und dergleichen von weniger als 1 Meter Höhe handelt, kann die Herstellung der Form ungemein erleichtert werden, indem man sich elastischer Modelle bedient. Man fertigt nämlich über einem aus Thon bossirten oder aus Gyps gegossenen Originalmodelle, durch successives Aufgießen eines Breies von gebranntem Gyps und Wasser, eine Form in so vielen Stücken als nach reiflicher Beurtheilung erforderlich sind, wobei nur bemerkt werden muß, daß man die Zahl der Stücke so klein als möglich nimmt und keineswegs darauf besteht, jedes einzelne Formstück ohne weiteres vom Modelle abheben zu können, vielmehr (sofern dieß zugelassen wird) das Modell opfert, indem man diejenigen vorragenden Theile desselben, welche sich ihrer Gestalt und Stellung wegen nicht lösen können, durch Herausbrechen beseitigt. Die so gebildete und ordentlich zusammengestellte, inwendig gefirnißte Gypsform wird mit heißer und möglichst starker Leim-

auflösung (der man wohl einen kleinen Antheil Syrup zusetzt) vollgegossen. Nach dem Erkalten — wobei der Leim die Beschaffenheit einer zäh-elastischen Gallerte annimmt — läßt sich das so gewonnene Leim-Modell ohne Beschädigung aus der Form nehmen; um weit freistehenden Theilen (z. B. ausgestreckten Armen und dergleichen) Haltbarkeit zu geben, hat man in diese beim Gusse zweckmäßig angebrachte Holzstäbchen eingeschlossen. Ueber das etwas abgetrocknete und mit Leinölfirniß überzogene Modell wird ferner aus einer Zusammensetzung von Ziegelmehl, feinem Formsand, Gyps und Wasser eine zweite Form gegossen, welche aber nur aus sehr wenigen (etwa 4 bis 8) Stücken besteht, und wegen der weichen elastischen Natur des Modells dennoch leicht von diesem befreit werden kann. Die Stücke dieser Form werden vorsichtig getrocknet, dann bei sehr gelinder Glühhitze gebrannt und sind nun zum Gebrauche fertig. Man kleidet sie zunächst auf der Innenseite mit Wachs- oder Thonplatten so dick aus als die Metallstärke des Gusses verlangt wird, stellt sie so zusammen und bildet durch Vollgießen mit der schon erwähnten Gyps-Sand-Ziegelmehlmasse den Kern. Nimmt man hiernach die Form vom Kerne ab, entfernt aus derselben das Wachs- oder Thonfutter und stellt sie abermals um den Kern zusammen, so ist sie zum Eingießen des Zinks bereit. Der Kern bleibt gewöhnlich in dem Gusse eingeschlossen; daß man denselben, zur Stützung in der Form, mit herausragenden eisernen Drähten oder Röhrchen hat versehen müssen, bedarf kaum der Erwähnung.

Für den Zweck der Gießerei wird das Zink in einem gußeisernen Kessel geschmolzen, wobei es etwa 5 bis 6 Prozent Abgang durch Oxydation erleidet. Ein Apparat ist angegeben worden zum Schmelzen mittelst Gasheizung; damit sollen 70 Pfund Zink in einem eisernen Tiegel binnen 25 Minuten, unter Verbrauch von 1 Kubikmeter Steinkohlengas, geschmolzen werden (s. Polytechnisches Journal, Bd. 153, S. 257). — Es wird als vortheilhaft angegeben, dem Zink zum Kunstguß ungefähr 5 Prozent Zinn zuzusetzen.

Das Zink gießt sich mit sehr glatter Oberfläche und gibt alle feinen Züge des Modells so gut wieder, daß meistens nur wenig mit Feilen, Schabern, Punzen und Sticheln nachgeholfen zu werden

braucht. Da aber das Zink weder eine schöne Farbe hat, noch seine blanke Oberfläche lange behält, so werden die daraus gegossenen Gegenstände in der Regel entweder mit Oelfarbe oder Firnißfarbe angestrichen, oder bronzirt (Supplemente, Bd. II. S. 110), oder mit galvanischen Metallniederschlägen (Kupfer, Bronze, Silber, Gold) überkleidet. Anstriche und Lackirungen halten auf Zink am besten, wenn man das letztere vorher mit verdünnter Salzsäure bestreicht und wieder trocknen läßt. Es bildet sich dadurch festhaftendes basisches Chlorzink, welches als Vermittler zur Vereinigung des Anstrichs mit dem Metalle wirkt.

K. Karmarsch.

Zinn.

Sowie schon das Vorkommen dieses wichtigen Metalles sich auf eine kleine Anzahl von Fundorten reduzirt, beschränkt sich die Zahl seiner nutzbaren Erze noch mehr, und zwar auf ein einziges, den Zinnstein, denn der Zinnkies (Schwefelzinn mit Schwefeleisen und Schwefelkupfer) kann für die Zinnproduktion keine Wichtigkeit beanspruchen, und im metallischen Zustande als Gediegen Zinn ist es nur ein einziges Mal von Damour auf einem Goldgeschiebe von Guyana gefunden worden.

Der Zinnstein, Zinnoxyd oder Zinnsäure im krystallinischen Zustande, besitzt gewöhnlich eine röthlich braune oder schwarze, seltener gelbe Farbe, ist durchscheinend oder (der schwarze) undurchsichtig und von schwachem Demantglanz. Spezifisches Gewicht = 6,9. Er findet sich theils krystallisirt (Zinngraupen), theils von faserigem Gefüge, dabei von brauner Farbe, in unregelmäßig abgerundeten Geschieben (Holzzinn, stream tin), theils in kleinen Körnern, theils eingesprengt.

Für die Zinngewinnung von Wichtigkeit ist nur das Vorkommen in England (Cornwall), Ostindien (Malakka und Banka) und dem sächsischen Erzgebirge, besonders zu Altenberg; von untergeordneter Wichtigkeit sind Geyer, Marienberg, Ehrenfriedersdorf und Johanngeorgenstadt im sächsischen, Schlaggenwald, Zinnwald und Joachimsthal im böhmischen Erzgebirge; ferner Piriac, Vautry und Villeder

in Frankreich. Auch Spanien, Mexico, Chile und Peru liefern Zinnstein, obwohl in geringeren Mengen.

Der Zinnstein findet sich theils im festen anstehenden Gestein als Bergzinnerz, theils in losen Körnern im Sande als Seifenzinn. Ersteres erscheint wieder 1) auf vereinzelten, oft kleineren, oft aber auch mächtigen Gängen, besonders im Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer und Porphyr, so zu St. Agnes und St. Just in Cornwall, zu Altenberg, Marienberg, Ehrenfriedersdorf in Sachsen, und zu Schlaggenwald und Platten in Böhmen. In England bilden die Zinngänge drei Gruppen, nämlich a) die im Südwesten von Cornwall über Truro, b) die bei St. Austle, und c) die bei Tavistock in Devonshire. Unter ihnen ist die erstere die bei weitem wichtigste.

2) Auf Stockwerken, worunter man das Vorkommen vieler kleiner Gänge versteht, die in vielfältigen, sich häufig durchkreuzenden Richtungen netzförmig ein Gesteinslager durchsetzen. Bei dem besonders merkwürdigen Altenberger Stockwerke liegt in einer Umgebung von Granit und syenitischem Porphyr die stockförmige Masse von grauem quarzigem Feldsteinporphyr, welcher vorzugsweise die zahlreichen, sich schaarenden und durchkreuzenden zinnführenden Gänge enthält, die indessen auch, obwohl in geringerer Menge, das Nebengestein durchdringen. Aehnliche Stockwerke finden sich auch zu Geyer in Sachsen und Schlaggenwald in Böhmen. Die kleinen Gänge der Stockwerke erreichen selten eine Mächtigkeit von 6 Zoll, meistens ist dieselbe weit geringer. Auch in England treten Stockwerke auf, so jenes, auf welchem die Grube Trewiddenball bauet, und dessen Gänge eine Mächtigkeit von ½ bis 8 und selbst 9 Zoll besitzen.

Die Gänge des Bergzinnerzes führen stets in Begleitung desselben vielfältige metallische Verbindungen, zu welchen besonders Eisen- und Kupferkies, Eisenglanz, Magneteisenstein, Kupferglanz, Malachit, Wolfram, Arsenikkies, Molybdänglanz, Zinkblende, gediegen Wismuth und Schwefelantimon, zuweilen auch Zinnkies gehören. Natürlich bedingt die Gegenwart so zahlreicher fremder Erze vielfältige Schwierigkeiten in der sonst einfachen Verhüttung des Zinnsteins.

Seifenwerke (Zinnseifen). So wie das aus Ablage-

rungen von Thon, Lehm, Sand und Geschieben bestehende Schuttland des Diluviums in manchen Gegenden Gerölle nutzbarer Mineralien, als Gold, Platin und Diamanten, führt, so auch in anderen Gegenden größere und kleinere Körner von Zinnstein. Gewöhnlich haben sich diese Lagerstätten in Thälern (altdeutsch Siepen, daraus ins Hochdeutsche übersetzt „Seifen") gesammelt, wie namentlich die ehemaligen Zinnwäschen Sachsens und Böhmens sich in Thälern befanden und Zinnseifen oder Seifenwerke benannt wurden. Daß diese Lager von der mechanischen Zerstörung ehemaliger Zinngänge ihren Ursprung herleiten, beweist ihr Vorkommen in der Nähe von Zinngänge enthaltenden Gebirgsmassen.

Die ausgezeichnetsten, unerschöpflichen Zinnseifen finden sich in Hinterindien auf der Halbinsel Malakka vom 10. bis zum 6. Breitengrade. Der Reichthum an Zinnerzen ist hier so groß, daß bei weitem der größte Theil der vorhandenen Zinnseifen zur Zeit noch gar nicht bebaut wird. Mit diesem Zinndistrikt stehen ohne Zweifel die Zinnlagerstätten der Insel Banka und der benachbarten Inseln Sungora, Palani, Tringanu, Pahang und Singkep in Zusammenhang. Sie sind nur von einer Thonschicht und Ackerkrume überdeckt und enthalten neben den Zinnsteinkörnern Quarz- und Granitgrund. Die Bergwerke sind offene, etwa 15 bis 25 Fuß tiefe Pingen. In Folge der rohen Art der Verschmelzung, wobei ein guter Theil des Zinns in den Schlacken verbleibt, gewinnt man aus den reichsten Erzen nur 55 bis 60 Proz. Zinn; doch ist dasselbe bis auf Spuren von Eisen chemisch rein. Von großer Bedeutung für die Zinngewinnung verspricht die Insel Billiton zu werden. Diese, nicht weit von Banka entfernte, 120 geographische Quadratmeilen umfassende, von einem eigenen Fürsten regierte, faktisch aber den Holländern unterwürfige Insel besteht, ebenso wie Banka, der Hauptformation nach aus Granit und diesem beigeordneten Gebirgsarten. Ihre unerschöpflichen Zinnlager werden von einer im Jahre 1852 konstituirten Bergbaugesellschaft, der Billiton-Maatschappij, die unter Protektion des Prinzen Hendrik von Holland steht, ausgebeutet.

Nachdem die sächsischen Zinnseifen in der Nähe von Eibenstock erschöpft sind, finden sich in Europa Zinnseifen nur noch bei St. Just und St. Austle in Cornwall und unter denen des letzten Be-

zirkes besonders zu Pentowan. Diese liegen im Grunde eines sehr tief eingeschnittenen Thales, von einem 20 bis 70 Fuß mächtigen zinnleeren Lager von Sand, Lehm und Torf überdeckt, haben nur geringe Mächtigkeit und bilden die unterste Masse des Diluviums. Auch hier gewinnt man den zinnführenden Sand in sehr großen offenen Pingen.

Verhüttung der Zinnerze. Die Zinnerze der Seifenwerke (Seifenzinn, Stromzinn, Zinnsand) sind ungleich reiner als das Bergzinnerz, weil die das letztere oft in bedeutender Menge begleitenden Schwefel- und Arsenikverbindungen in den losen, der Einwirkung von Luft und Wasser ausgesetzten Körnern des Seifenzinns im Verlauf der Jahrtausende durch Oxydation zersetzt und vom Wasser theils aufgelöst, theils mechanisch fortgeschwemmt wurden, wogegen der reine Zinnstein den chemischen Einwirkungen unzugänglich blieb und auch seiner Schwere wegen der Fortschwemmung widerstand.

Verschmelzen des Seifenzinns. Die Aufbereitung der Erze besteht in einem Verwaschen der geförderten zinnführenden Erdschicht auf einem großen Schlämmgraben, wobei die erdigen Beimengungen durch das darüber fließende Wasser sich fortspülen, während das schwerere Zinnerz nebst größeren Geröllen von zinnführendem Quarz auf der wenig geneigten Sohle des Schlämmgrabens zurückbleibt. Aus den gröberen Quarzgeröllen gewinnt man durch Handscheidung und darauf folgendes Verwaschen das eingesprengt gewesene weniger reine Erz.

In Indien geschieht die Schmelzung in niedrigen kleinen Schachtöfen, und auch in England benutzte man früher solche, während neuerdings Flammöfen an ihre Stelle getreten sind. Der Schmelzprozeß ist derselbe, wie er sogleich beim Bergzinnerz angeführt wird, nur daß die bei diesem seiner Unreinheit wegen nöthigen Reinigungsarbeiten wegfallen. Das reduzirte, in seitlich vom Flammofen befindliche Stichherde abgestochene Zinn wird in eisernen, 30 Zoll tiefen und 4 Fuß im Durchmesser haltenden Kesseln durch Polen, d. h. durch Eintauchen von grünen Holzstäben und Abschäumen, raffinirt und zu Blöcken von 120 bis 130 Pfund gegossen. Sie kommen entweder so in den Handel oder werden, der bequemeren Verwendung wegen, wenn sie eben erstarrt, aber dem Schmelzpunkte noch

nahe sind, zerschlagen, wobei sie in größere und kleinere stängliche Brocken von unvollkommen krystallinisch-körniger Gestalt zerbrechen Dieses seiner Reinheit wegen berühmte Zinn führt den Namen „grain-tin“ (Körnerzinn).

Verschmelzen des Bergzinns. Die vielen schon genannten, dem Bergzinn beigesellten fremden Erze bedingen zur Beseitigung derselben eine ganze Reihe von Vorarbeiten, die in den sächsischen Zinnwerken, wo sich diese Schwierigkeiten besonders fühlbar machen, in Folgendem bestehen: Bei harten, quarzigen Erzen, welche den Zinnstein fein eingesprengt enthalten, sogenanntem Zinnzwitter, fängt man damit an, sie in Haufen mürbe zu brennen, worauf sie gepocht und geschlämmt werden. Das hierdurch mehr konzentrirte Zinnerz unterliegt sodann einer Röstung in gewöhnlichen Flammöfen oder in solchen mit rotirendem Herde, um den Schwefel der Schwefelmetalle theils als schweflige Säure zu verflüchtigen, theils in schwefelsaure Salze überzuführen, Arsenik aber als arsenige Säure auszutreiben oder als Arsensäure an Eisenoxyd zu binden. Waren die Erze kupferhaltig, so kann man aus dem Röstgut das Kupfer mittelst verdünnter Schwefelsäure ausziehen, um es nachher aus der Lösung durch Einlegen von Eisen als Zementkupfer niederzuschlagen. Es folgt nun eine Schlämmung, wodurch die beim Rösten gebildeten fremden Oxyde zum größten Theil weggewaschen und so von dem spezifisch schwereren, bei den bisherigen Operationen unverändert gebliebenen Zinnstein entfernt werden. Es kann bei sehr unreinen Erzen eine nochmalige Röstung und Schlämmung sich nothwendig zeigen; auch kommen Fälle vor, wo man bei sehr eisenhaltigem Röstgut zu einer Behandlung desselben mit Salzsäure seine Zuflucht nimmt, um das Eisenoxyd zu entfernen. — Sind Wolfram und Wismuth unter den Begleitern des Zinnerzes, so sind sie ihres spezifischen Gewichtes wegen (das Wismuth auch im oxydirten Zustande) durch Rösten und Schlämmen nicht zu beseitigen. Zur Entfernung des Wismuthoxyds behandelt man dann das Röstgut wiederholt mit verdünnter Salzsäure, deren Kosten durch die Nebengewinnung des Wismuths sich reichlich kompensiren. Um dagegen Wolfram zu entfernen, ist man genöthigt, den Schlieg mit der anderthalbfachen Menge Soda und etwas Kohle 6 Stunden lang in einer großen gußeisernen Pfanne, welche den Herd eines Flamm-

ofens bildet, zu schmelzen, worauf das dabei entstehende wolframsaure Natron sich durch Wasser ausziehen läßt, während der Zinnstein, obwohl in ätzendem Natron löslich, vom kohlensauren Natron kaum merklich angegriffen wird.

Nach diesen reinigenden Vorarbeiten folgt das Verschmelzen entweder in Schacht- oder Flammöfen. Erstere finden hauptsächlich bei den unreineren Zinnerzen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges Anwendung, und zwar gibt man den Spuröfen den Vorzug, weil bei ihnen das reduzirte Zinn durch ein Auge in der Vorwand in die Vortiegel stets abfließt und so dem Bereiche der Gebläseluft entgeht; doch haben sie den Nachtheil, keine vollständige Separation der geschmolzenen Massen zu gestatten, so daß bis zu 10, selbst 12 Proz. Zinn in den Schlacken mechanisch eingeschlossen verbleibt, was nur durch mehrmaliges Schmelzen, darauf folgendes Pochen und Verwaschen gewonnen werden kann. Man beschickt den zu verschmelzenden Schlieg mit etwa ¼ Erzschlacken und schmilzt mit Holzkohlen. Da selten große Vorräthe von Erz disponibel sind, so beschränken sich die Kampagnen auf kürzere Zeit, oft auf 3 bis 4 Tage. Man schöpft das Zinn aus dem Stechherd mit Löffeln auf das obere Ende einer mit Lehm überzogenen und mit glühenden Kohlen bedeckten schräg geneigten Eisenplatte, des Pauschherdes, auf welchem die strengflüssigen Unreinigkeiten zurückbleiben, während das Zinn in einen mit Kohlen gefüllten gußeisernen Sumpf abfließt. Nachdem das Zinn mehrere Male auf den Pauschherd zurück gegossen und dadurch noch weiter gereinigt worden, darauf im Sumpf ziemlich, doch nicht zu weit abgekühlt ist, gießt man es in Formen zu Blöcken (sogenanntem Blockzinn), Stäben (Japanischem Zinn) oder Platten (Ballenzinn).

Zum Zinnschmelzen im Flammofen werden die Schliege mit 10 bis 20 Proz. zerstoßener, sehr magerer Sandkohle innig gemengt eingetragen, mit ein wenig Steinkohlenpulver, auch wohl mit etwas zerstampftem gebrannten Kalk überdeckt, etwas angefeuchtet, und nun bei geschlossenen Thüren so rasch wie möglich bei starker Hitze geschmolzen. Nach 6 bis 7 Stunden wird das Zinn abgestochen, die Schlacke durch eine andere Oeffnung ausgezogen, und sofort eine neue Operation begonnen. Das abgeflossene, von den darauf schwimmenden Schlackentheilen und anderen Unreinigkeiten befreite Zinn ist aber oft noch

kupfer-, eisen- und wolframhaltig, bedarf daher noch einer Reinigung, zu welchem Zweck man es auf dem Herde eines Flammofens bei ganz gelinder Hitze einschmelzt und in einen Läuterkessel abfließen läßt, wobei Legirungen jener fremden Metalle mit etwas Zinn auf dem Herde zurückbleiben. Ist nach mehreren Saigerungen der Kessel, der an 100 Zentner faßt, gefüllt, so nimmt man das schon früher erwähnte Polen vor, läßt nach dem Abschäumen das Zinn einige Zeit in Ruhe, damit sich der noch vorhandene kleine Rückstand jener Legirungen zu Boden senke und füllt schließlich das Zinn in Formen von Granit. Das zuerst ausgeschöpfte ist das reinste, wogegen die letzte unterste Schicht auf den Herd zurückgebracht wird, um noch wieder der Saigerung zu unterliegen.

Analysen verschiedener Zinnsorten. — Wallach untersuchte die Zinnsorten von Schlaggenwald aus den Jahren 1851 bis 1853 und fand sie folgendermaßen zusammengesetzt:

	Rohzinn. (schlechteste Gattung.)	Handelszinn. feines	mittelfeines	ordinäres
Zinn	95,339—94,924	99,55	98,78	97,050
Kupfer	2,726— 3,648	0,28	0,87	2,326
Eisen	0,684— 0,726	0,17	0,35	0,642
Schwefel und Arsenik	Spur	—	—	—
Abgang	1,251— 0,660	—	—	—

Fernere Analysen:

	Zinn.	Kupfer.	Eisen.	Wolfram.	Arsenik.	Schwefel.
1	98,66	1,36	0,06	—	Spur	—
2	99,66	0,16	0,06	—	Spur	—
3	99.76	—	0,04	—	dgl.	—
4	99,93	—	0,06	—	dgl.	—
5	99,90	—	0,20	—	geringe Spur	—
6	99,73	—	0,13	—	—	—
7	99,594	0,406	Spur	—	Spur	-
8	99,410	0,590	Spur	—	dgl.	—
9	97,050	2,326	0,624	—	dgl.	Spur
10	95,339	2,726	0,684	—	dgl.	dgl.
11	94.924	3,648	0,762	—	dgl.	dgl.
12	94,539	2,553	1,965	—	dgl.	0,130
13	92,56	3,06	3,98	Spur	0,15	0,250
14	59,09	11.8	9,24	3,35	—	—
15	98,18	1,6	Spur	—	Spur	—

nämlich 1) Schlaggenwalder Rollenzinn; 2) Rollenzinn von Mauritiuszeche zu Joachimsthal; 3) sächsisches Rollenzinn; 4) sächsisches Stangenzinn; 5) Bankazinn; 6) Englisches Zinn; 7) und 8) Schlaggenwalder Feinzinn aus Erzen des Schönfelder- und Gellnauer Ganges, 1 bis 8 nach Löwe; 9) Geflößtes Hüttenzinn von Schlaggenwald; 10) Rohzinn aus röschem Hüttenwerk von Schlaggenwald; 11) Rohzinn aus mildem Hüttenwerk; 12) Rohzinn aus hältigen Schlacken und Ofenbrüchen; 13) Legirung aus dem Stichtiegel, 9 bis 13 nach Hillebrand; 14) Rückstand vom Saigern in Töpfen des beim Saigern am Herde zurückgebliebenen unreinen Zinnes aus Hüttenwerk nach v. Lill, nebst 8,47 Proz. Quarz und Schlacke und 8,05 Proz. eingemengte Kohle und Sauerstoff; 15) Schlaggenwalder Rollenzinn nach Sturm.

Eigenschaften des Zinnes. Es besitzt die bekannte zinnweiße Farbe, ist weich, außerordentlich dehnbar, wird aber beim Erhitzen auf 200° spröde, so daß es sich auf einen Schlag zerbröckeln, ja selbst im Mörser zerreiben läßt. Beim Biegen einer Zinnstange bemerkt man ein knirschendes Geräusch, das Schreien des Zinnes, das sich aber nach mehrfachem Hinundherbiegen verliert, während sich die Stange erwärmt. Nur bei reinem und gegossenem Zinn zeigt sich diese Erscheinung, die ohne Zweifel von einer im Innern stattfindenden Trennung der krystallinischen Theilchen herrührt, sie verliert sich durch Hämmern und Auswalzen, wie auch durch Legirung des Zinnes mit andern Metallen, und kann als ein Kennzeichen der Reinheit dienen. Sehr hübsch und deutlich gibt sich das krystallinische Gefüge bei dem Metallmoor (moiré métallique) zu erkennen, welcher sich besonders auf gewöhnlichem Weißblech sehr leicht auf die Art hervorbringen läßt, daß man es mit Salzsäure oder Königswasser bestreicht und nach kurzer Einwirkung die Säure mit vielem Wasser wegspült. Die hierbei erscheinenden blumig-krystallinischen Figuren dienten früher allgemein als Verzierung von Blechwaaren, besonders indem man durch eine durchsichtige farbige Lackirung den Effekt erhöhte. (Vergl. Bd. XIX. S. 619—620.) In deutlich erkennbaren größeren Krystallen erhält man das Zinn, wenn man eine Lösung von Zinnchlorür mit verdünnter Salzsäure überschichtet und eine Zinnstange hineinstellt. Das spezifische Gewicht des reinen gegossenen Zinnes ist 7,29, steigt aber durch Hämmern oder Walzen

selbst bis auf 7,47. Deville fand es bei sehr langsam erkaltetem Zinn = 7,373; bei rasch im Wasser abgekühltem = 7,239. Der Schmelzpunkt liegt nach der, wie es scheint genauesten Bestimmung von Kupffer bei 230° C. Es widersteht sehr gut und lange den Einflüssen von Luft und Wasser, behält daher lange seinen Metallglanz, obwohl eine hohe Politur, die es allerdings anzunehmen im Stande ist, der Weichheit des Metalls wegen von kurzer Dauer zu sein pflegt. An der Luft geschmolzen überzieht es sich nach und nach mit einer grauen Haut, die man als Suboxyd angesehen hat, die aber bei stärkerer Hitze in weißes Oxyd, Zinnasche, übergeht. In Weißglühhitze oxydirt es sich mit hellleuchtender Flamme.

Salzsäure löst das Zinn selbst in der Wärme langsam unter Wasserstoffentwicklung, rascher bei Berührung mit einem mehr elektronegativen Metalle, (z. B. Kupfer), zu Chlorür, Königswasser zu Chlorid; von verdünnter Schwefelsäure wird es nur äußerst langsam affizirt, von konzentrirter rascher unter Entwicklung schwefliger Säure. Verdünnte Salpetersäure löst es langsam unter Bildung von Oxydul- und Ammoniaksalz, stärkere Salpetersäure verwandelt es unter starker Erhitzung und Entweichen salpetriger Dämpfe in Metazinnsäurehydrat, ohne es aufzulösen. Sehr konzentrirte Salpetersäure, so wie organische Säuren greifen das Zinn äußerst langsam an; ebenso wird es von Schwefelwasserstoff kaum affizirt. Aetzende alkalische Laugen lösen es langsam unter Wasserstoffentwicklung zu zinnsaurem Alkali.

Das Zinn hat seiner vielfachen Anwendung wegen technisch hohe Wichtigkeit. Im metallischen Zustande verarbeitet man es theils für sich, theils mit anderen Metallen legirt. Reines Zinn wird wegen seiner größeren Härte, seiner Unveränderlichkeit an der Luft, seiner schön weißen Farbe, und weil seine Salze nicht giftig sind, zu verschiedenen Gußwaaren verarbeitet, auch zu Stanniol (Zinnfolie) geschlagen oder gewalzt. Der gewöhnliche, zum Einwickeln von Toilettseifen und anderen ähnlichen Zwecken dienende Stanniol hat eine Dicke von 0,0077 Millimeter und darüber. Zum Belegen der Spiegel sind diese feinen Sorten, weil sie nie ganz frei von Löchern sind, nicht zu brauchen, man wählt daher stärkere Sorten von 0,038 bis (bei sehr großen Spiegeln) selbst 0,5 Millim. Mit einem kleinen Zusatz von 2 bis 2½ Proz. Zink bis zur Feinheit

von $^1/_{800}$ Millim. geschlagen, bildet es das unechte Blattsilber oder den Silberschaum.

Zinnlegirungen. Die am häufigsten vorkommende Legirung ist die mit Blei. Dieselbe bietet zwar den Vortheil, beim Gießen schärfere Güsse zu geben als reines Zinn, aber sie besitzt geringere Härte, eine weniger schöne Farbe, hält sich nicht so gut an der Luft und kann bei zu großem Bleigehalt gesundheitsgefährliche Wirkungen machen. Zur Bezeichnung bedient man sich wohl der folgenden Benennungen:

Vierstempliges Zinn	32 Zinn	1 Blei
Dreistempliges „	5 „	1 „
Fünfpfündiges „	4 „	1 „
Vierpfündiges „	3 „	1 „
Dreipfündiges (zweistempliges)	2 „	1 „
Zweipfündiges	1 „	1 „

Die Orgelbauer bedienen sich der früher beim Silber gebräuchlichen Bezeichnung nach der Anzahl von Lothen reinen Zinnes in 16 Loth der Legirung. Gute Orgelpfeifen sollen aus 12 löthigem Zinn angefertigt werden, es kommen aber auch sehr geringhaltige, 4 bis 5 löthige Kompositionen, von den Orgelbauern „Metall“ genannt, vor. Eine Legirung von 29 Zinn und 19 Blei, welche sich durch einen besonders schönen spiegelnden Glanz auszeichnet, dient zu dem bekannten Zinnschmuck (Fahluner Diamanten). Zum Weichlöthen bedient man sich nicht gern des reinen Zinnes, weil es nicht genug dünnflüssig und leichtschmelzbar ist, auch die kupfernen Löthkolben sehr schnell zerfrißt, sondern nimmt dazu am besten eine Mischung von 2 Gewichtstheilen Zinn auf 1 Th. Blei.

Schmelzpunkte verschiedener Zinn-Blei-Legirungen:

10 Zinn mit 20 Blei	240° C.
10 „ „ 15 „	223 „
10 „ „ 10 „	200 „
10 „ „ 6 „	181 „
10 „ „ 5 „	185 „
10 „ „ 4 „	190 „

Man trifft in den meisten Ländern polizeiliche Bestimmungen an über den zulässigen Bleigehalt des verarbeiteten Zinnes; so soll in Oesterreich das Probezinn auf 10 Zinn nur 1 Blei, in Hannover

auf 6 Zinn 1 Blei, in Frankreich auf 82 Zinn nicht über 18 Blei, also annähernd auf 4½ Zinn 1 Blei, enthalten.

Anderweite Legirungen mit vorherrschendem Zinn sind:

Britannia-Metall, in dessen Zusammensetzung große Verschiedenheiten vorkommen: so 85,6 Zinn, 10,4 Antimon, 3 Zink, 1 Kupfer; — 100 Zinn, 7 Antimon, 2 Kupfer, 2 Messing; — 45 Zinn, 4 bis 9 Antimon, 1 Kupfer; — 18 Zinn, 6 Antimon, 1 Kupfer; — 20 Zinn, 5 Antimon, 1 Kupfer; — 91 Zinn, 7 Antimon, 1,5 Kupfer, 0,5 Nickel; — 87,5 Zinn, 5 Antimon, 5,5 Nickel, 2 Wismuth; — 10 Zinn, 1 Antimon. Aehnlich ist das Métal argentin aus 85,5 Zinn und 14,5 Antimon, oder 67,53 Zinn, 17 Antimon, 8,94 Zink, 3,26 Kupfer.

Zinn und Antimon bilden ferner die Grundlage einer ganzen Reihe von Zapfenlagermetallen, so 3 bis 6 Zinn auf 1 Antimon; — 14,5 Zinn, 16 Antimon, 40 bis 90 Blei; — 21 Zinn, 21 Blei, 8 Antimon; — 58 bis 240 Zinn, 16 Antimon, 8 Kupfer; — 125 Zinn, 11 Antimon, 8 Kupfer; — 83 Zinn, 11 Antimon, 6 Kupfer; — 82 Zinn, 11 Antimon, 7 Kupfer; — 80 Zinn, 15 Antimon, 5 Kupfer; — 80 Zinn, 12 Antimon, 8 Kupfer; 76 Zinn, 17 Antimon, 7 Kupfer; — 74 Zinn, 15 Antimon, 11 Kupfer; — 10 Zinn, 1 Antimon, 3 Kupfer; — 3 Zinn, 4 Antimon, 2 Kupfer.

Legirungen von 13 Zinn, 2 Antimon, 1 Kupfer; oder 125 Zinn, 11 Antimon, 8 Kupfer dienen zu den Kolbenringen der Dampfzylinder der Lokomotiven. Wieder andere ähnliche Legirungen bilden das englische Pewter, so 6 Zinn auf 1 Antimon; — 50 Zinn, 4 Antimon, 1 Kupfer, 1 Wismuth. Das beste Pewter ist fast reines Zinn, denn es enthält nur einen Zusatz von $^1/_{24}$ bis $1^1/_3$ Proz. Kupfer. — *Queen's metal* ist eine Komposition von 9 Zinn, 1 Blei, 1 Antimon, 1 Wismuth.

Ueber die leichtschmelzbare Legirung aus Zinn, Blei und Wismuth ist das Nähere in dem Artikel „Wismuth" nachzusehen.

Oxydationsstufen des Zinnes. Es bildet mit dem Sauerstoff drei oder vier Verbindungen, nämlich

a) ein Suboxyd. Als solches hat man das auf der Oberfläche geschmolzenen Zinnes sich bildende graue Pulver betrachtet, doch ist die Existenz desselben sehr zweifelhaft und die Ansicht, welche dieses

graue Pulver als ein mechanisches Gemenge von metallischem Zinn mit Zinnoxyd betrachtet, der Wahrscheinlichkeit mehr entsprechend.

b) Zinnoxydul, SnO, entsteht durch Erhitzung von oxalsaurem Zinnoxydul bei Abschluß der Luft, auch durch Erwärmen des aus einer Zinnchlorürlösung durch kohlensaures Natron gefällten Oxydulhydrats auf 80° in einer Atmosphäre von Kohlensäure, als bräunlichschwarzer Niederschlag. In Gestalt kleiner schwarzer glänzender Körnchen erhält man es beim Kochen von Zinnoxydulhydrat mit wenig Kalilauge. Es hat nur wissenschaftliches Interesse und findet keinerlei Anwendung.

c) Zinnsesquioxyd Sn_2O_3 ist nur als Hydrat bekannt und entsteht beim Digeriren von säurefreiem Zinnchlorür mit frischgefälltem Eisenoxydhydrat, wobei sich Zinnsesquioxydhydrat als weißer Niederschlag abscheidet, während die Lösung nun Eisenchlorür enthält. In Salzsäure gelöst bildet es Zinnsesquichlorid, welches bei der Darstellung des Goldpurpurs eine Rolle spielt.

d) Zinnoxyd oder Zinnsäure, SnO_2. Beide Benennungen lassen sich rechtfertigen, weil sich der Körper sowohl mit Säuren, wie mit Basen verbindet; doch entspricht das Gesammtverhalten wohl mehr den Karakteren einer Säure. Es kommt sowohl im krystallinischen als auch im amorphen Zustande vor. Im letzteren bildet es sich beim Erhitzen von Zinn an der Luft, wobei sich dasselbe nach längerem Glühen in ein gelblich weißes Pulver, Zinnasche, verwandelt. Es besitzt bedeutende Härte, worauf sich seine Anwendung als Polirmittel für harte Körper, wie Glas, Stahl und Steine gründet, nicht minder die technisch wichtige Eigenschaft, sich in Glasflüssen fein zu zertheilen, und so dieselben, ohne selbst zu schmelzen, undurchsichtig weiß zu färben, die seiner Benutzung bei weißem Email und weißen Glasuren zu Grunde liegt.

Zinnoxyd im krystallisirten Zustande kommt in der Natur als Zinnstein vor, kann aber auch künstlich dargestellt werden, indem man Zinnchlorid dampfförmig mit Wasserdampf gemischt durch eine glühende Porzellanröhre leitet, wobei unter Entwicklung von Chlorwasserstoff sich kleine farblose, demantglänzende Krystalle von Zinnoxyd absetzen, die Glas ritzen, deren Form (gerade rhombische Prismen) von jener des natürlichen Zinnsteines (Quadratoktaeder) abweicht. Es ist daher das krystallinische Zinnoxyd dimorph. Das

Zinnoxyd wird von Säuren, selbst den stärksten, nicht aufgelöst; zwar bildet es mit Schwefelsäure digerirt eine syrupartige Masse, aber es scheidet sich beim Verdünnen mit Wasser wieder ab, ein Verhalten, welches dem Karakter einer Salzbasis wenig entspricht. Aehnlich ist sein Verhalten beim Schmelzen mit doppelt schwefelsaurem Kali. Kali- und Natronhydrat mit Zinnoxyd geschmolzen verbinden sich damit zu zinnsauren Salzen, die auch beim Auflösen in Wasser sich nicht zersetzen und selbst krystallisirt erhalten werden können, wenn man die Lösung über Schwefelsäure verdampfen läßt. Das Kalisalz krystallisirt dabei in durchscheinenden rhombischen Prismen, das Natronsalz in schönen sechsseitigen Tafeln. Das zinnsaure Natron findet unter dem Namen *Präparirsalz* oder *Grundirsalz* beim Kattundruck vielfältige Anwendung und wird zu dem Ende gewöhnlich durch Schmelzen von natürlichem Zinnstein mit Natronhydrat fabrikmäßig dargestellt. *Haeffely* empfiehlt eine Methode, es aus metallischem Zinn darzustellen, wonach Natronlauge mit Bleiglätte und metallischem Zinn gekocht, unter Abscheidung von metallischem Bleischwamm, der später durch gelindes Glühen wieder oxydirt und zu demselben Prozesse immer wieder gebraucht werden kann, sich in zinnsaures Natron verwandelt. — Nach einem andern Verfahren werden 20 Pfd. kaustische Natronlauge von 38° B., 2½ Pfd. Kochsalz und 8 Pfd. salpetersaures Natron (Chilisalpeter) in einen eisernen Kessel geschüttet und so lange gekocht, bis die Masse dickflüssig und so heiß geworden ist, daß Zinn darin sogleich zum Schmelzen kommt. Man setzt nun 7 Pfd. granulirtes Zinn hinzu und rührt das Ganze tüchtig durch. Die Masse erhitzt sich stärker, es zeigen sich einzelne Funken und endlich stellt sich ein lebhaftes Erglühen des Ganzen ein, worauf man sogleich das Gefäß vom Feuer entfernt und den weißen Inhalt zum Erkalten in einen eisernen Kasten schüttet. Sollte das Produkt durch Verunreinigung mit Eisenoxyd bräunlich erscheinen, so löst man es in Wasser, läßt absitzen und dampft die geklärte Flüssigkeit zur Trockne ein.

Zinnsäurehydrat kommt in zwei verschiedenen Modifikationen vor: a) *gewöhnliches*, entsteht als ein gallertartiger Niederschlag beim Fällen von Zinnchlorid durch nicht überschüssig zugesetzten kohlensauren Kalk oder Baryt. Es löst sich leicht in Salz-

säure wie auch in alkalischen Laugen und besitzt gleich wie das Thonerdehydrat starke Affinität zu organischen Farbstoffen, mit welchen es unlösliche Niederschläge, oft von prachtvollem Feuer, bildet, welche der Anwendung des Zinnchlorids und theilweise auch des Chlorürs in der Färberei, beim Zeugdruck und der Darstellung von Malfarben, z. B. Karmin, zu Grunde liegen. — Durch längeres Kochen mit Wasser, oder besser mit Salpetersäure verwandelt es sich allmählich in die andere Modifikation und hat nun seine Löslichkeit in Salzsäure eingebüßt.

b) Metazinnsäurehydrat. Diese Modifikation entsteht bei Einwirkung von mäßig starker Salpetersäure auf Zinn, wobei sich dieses, ohne sich zu lösen, in ein weißes Pulver verwandelt. Es wird von konzentrirter Salzsäure wenig angegriffen und das gelöste durch Zusatz von Wasser wieder gefällt; durch anhaltendes Kochen mit konzentrirter Salzsäure verwandelt es sich in gewöhnliches Zinnchlorid, welches in Lösung geht und verbleibt.

Zinnchlorür wird in wasserfreiem Zustande erhalten durch Destillation von Zinnfeile mit Calomel, oder durch Schmelzen wasserhaltigen Zinnchlorürs bis zur völligen Entwässerung und darauffolgende Destillation aus einer beschlagenen Glasretorte. Es bildet eine weiße oder grauliche, fettglänzende, durchscheinende Masse von muschligem Bruch, schmilzt bei 250° und verdampft bei einer der Glühhitze nahen Temperatur. Das wasserhaltige Chlorür, Zinnsalz, wird fabrikmäßig durch Auflösen von reinem Bankazinn in heißer Salzsäure bereitet, wobei man ohne Gefahr einer Verunreinigung sich eines kupfernen Kessels bedienen kann, da bei Gegenwart von metallischem Zinn das Kupfer nicht angegriffen wird. Nach dem Eindampfen der wasserhaltigen Lösung in einem Zinnkessel krystallisirt das Salz in farblosen Nadeln. Es findet in der Färberei und beim Zeugdruck sehr ausgedehnte Anwendung.

Zinnchlorid. Das schon von Libavius 1605 beschriebene nach ihm Spiritus fumans Libavii benannte wasserfreie Zinnchlorid wird durch Destillation von 1 Thl. Zinnfeile mit 4 bis 5 Th. Quecksilbersublimat dargestellt und bildet ein farbloses, dünnflüssiges, an feuchter Luft stark rauchendes Liquidum von sehr ätzenden Wirkungen. Es zieht aus der Luft begierig Feuchtigkeit an und bildet damit Krystalle von wasserfreiem Chlorid. Mit $^1/_3$ Wasser vermischt

erstarrt es zu einer weichen Masse, Zinnbutter. Geschieht die Mischung von Zinnchlorid mit kaltem Wasser schnell, so tritt so starke Erhitzung ein, daß die Mischung ins Kochen kommt und sich reichlich Zinnchlorid verflüchtigt.

Im wasserhaltigen Zustand kann es auf verschiedenen Wegen bereitet werden, so durch Auflösen von Zinn im Königswasser, durch Behandlung von Zinnsalz mit Salpetersäure, oder mit einer Mischung starker Salzsäure, Salpeter und konzentrirter Schwefelsäure. Alle diese Darstellungsweisen liefern unsichere Resultate und zwar Produkte, die ein dem Metazinnsäurehydrat entsprechendes anomales Zinnchlorid enthalten und sich beim Verdünnen mit Wasser trüben. Entschieden die beste Darstellungsweise besteht in der Behandlung von Zinnchlorürlösung mit Chlor, und das gegenwärtig im Handel vorkommende krystallisirte Zinnchlorid des Dr. Gerlach in Kalk bei Deutz, dessen Vorzüglichkeit allgemein Anerkennung findet, ist auch anscheinend nach diesem Verfahren bereitet. Das Zinnchlorid bildet mit Wasser drei verschiedene krystallisirende Verbindungen, nämlich mit 4, 5 und 8 Aeq. Wasser. Unter ihnen ist das mit 5 Aeq. Wasser das haltbarste und für den Gebrauch beste. Es entsteht nach Gerlach, wenn man eine wässrige Zinnchloridlösung von hinreichend hoher Konzentration ruhig stehen läßt. Es tritt nach einigen Tagen Krystallisation ein, welche langsam fortschreitet und das Salz $SnCl_2 + 5HO$ in opaken, nicht ganz durchsichtigen, alabasterähnlichen Krystallen liefert. Spezielle Angaben über die Darstellung des Gerlach'schen Präparats sind zur Zeit noch nicht veröffentlicht, doch will Dullo kleine Mengen Phosphorsäure darin gefunden haben, die das Klarwerden der Lösung befördern sollen. Nach ihm soll man 100 Th. Zinnchlorid mit 15 Th. phosphorsaurem Natron oder einer entsprechenden Menge Phosphorsäure versetzen.

Die Lösung des Zinnchlorids findet in der Färberei sowohl als Mordant wie auch zum Aviviren, z. B. beim Türkischroth, unter dem Namen „Komposition" oder „Physik" vielfache Anwendung.

Ammonium-Zinnchlorid (Pinksalz) entsteht durch Vermischen einer konzentrirten Lösung von Zinnchlorid mit Salmiak, wobei es in Gestalt eines krystallinischen Pulvers sich abscheidet. Es ist in der dreifachen Menge warmen Wassers löslich und kann gekocht werden, ohne sich zu verändern, obwohl verdünnte Lösungen

sich unter Abscheidung des Zinnsäurehydrats zersetzen. Es findet Anwendung in der Färberei, wozu es sich in manchen Fällen wegen des neutralen Zustandes oder vielmehr wegen Abwesenheit freier Säure besser eignet als die gewöhnliche Zinnsolution.

Schwefelzinn. Man kennt drei den Sauerstoffverbindungen entsprechende Verbindungen des Zinnes mit 1, $1^1/_2$ und 2 Aeq. Schwefel, von welchen die letztere, als Musivgold (Aurum mosaicum) bekannt, angeführt zu werden verdient. Es entsteht beim Erhitzen einer der folgenden Mischungen in einem leicht verschlossenen Glaskolben bis zum gelinden Glühen: 4 Zinnfeile, 3 Schwefel und 2 Salmiak, oder ein Amalgam von 12 Zinn und 6 Quecksilber, 7 Schwefel und 6 Salmiak, oder gleiche Theile Zinnfeile, Schwefel und 6 Salmiak. Man erhitzt im Sandbade langsam bis zum schwachen Glühen und findet das Sulfid zum Theil in der oberen Wölbung, zum Theil am Boden des Kolbens in Gestalt metallglänzender goldgelber Schüppchen, oft von prachtvoller Schönheit. Es findet Anwendung bei grünen Oelfarbe-Anstrichen, denen man, wenn die Farbe fast trocken, durch Einreiben von Musivgold ein bronzeartiges Ansehen ertheilt.

Gewinnung des Zinnes aus Weißblechabfällen. Zur Wiedergewinnung des Zinns aus den oft in großer Menge zu sammelnden, früher ganz unbenutzt gebliebenen Weißblechabfällen sind von Schunk zwei Methoden angegeben. Nach der einen kocht man die Abfälle mit einer Lösung von Natriumschwefelleber (durch Auflösen von Schwefel in kaustischer Natronlauge bereitet), wobei sich das Zinn unter Bildung von Zinnsulfid-Schwefelnatrium löst. Die durch Abdampfen erhaltenen Krystalle verwandeln sich durch Rösten in einem Flammofen in Zinnoxyd, welches dann mittelst Kohle und Kalk reduzirt werden kann. Nach der zweiten Methode kocht man die Abfälle, wie bereits oben beschrieben, mit Natronlauge und Bleioxyd, wobei man direkt zinnsaures Natron erhält. Andere Methoden von Dullo und von Higgin scheinen weniger zweckmäßig.

Heeren.

Zinngießerei.

Das Zinn, welches durch seine angenehme Farbe, seine Geschmeidigkeit und seine Unveränderlichkeit unter der Einwirkung von Luft, Wasser und vielen andern Flüssigkeiten so schätzbar ist, vereinigt mit diesen Vorzügen eine solche Leichtschmelzbarkeit, daß dessen Anwendung zu Gußware mit größter Leichtigkeit Statt findet. Freilich wird andererseits eben durch die Leichtflüssigkeit eine Benutzung zu Gegenständen, welche einer etwas großen Hitze beim Gebrauch ausgesetzt sind, unthunlich gemacht, so wie die Weichheit und geringe Festigkeit des Metalls es in den Fällen ausschließen, wo Widerstandsfähigkeit gegen biegende oder zerreißende Kräfte erfordert wird. Nicht minder kommt in manchen Fällen der hohe Preis des Zinnes als ein seine Verwendbarkeit beschränkender Umstand in Betracht.

Eine übersichtliche Darstellung der Zinngießerei, wie gegenwärtiger Artikel nur zum Zwecke hat, wird sich beschäftigen müssen: 1) mit dem Material, d. h. dem Metall selbst; 2) mit den Gießformen; 3) mit dem Verfahren beim Gießen; 4) mit der weitern Zurichtung der Zinngüsse.

1) Das Material der Zinngießerei. — Reines, d. h. nicht absichtlich mit fremden Zusätzen versehenes Zinn, welches in seinem käuflichen Zustande regelmäßig geringe, außer Acht zu lassende Antheile Kupfer und Eisen enthält, wird zu Gußwaren nur ausnahmsweise angewendet, nämlich zur Herstellung von Gefäßen und Apparaten für chemische und pharmazeutische Zwecke. In allen andern Fällen findet Vermischung des Zinnes mit andern Metallen Statt, wobei verschiedene und selbst entgegengesetzte Absichten obwalten. Der am häufigsten übliche Zusatz besteht in Blei, welches im Allgemeinen das Zinn dünnflüssiger macht, also dessen Tauglichkeit zur Gießerei erhöht, weil bleihaltiges Zinn williger in die engsten Räume der Gießformen läuft, diese vollständiger ausfüllt und somit schärfere Güsse liefert, als reines Zinn. Wenn nach der Bestimmung der gegossenen Gegenstände diese Rücksicht von besonderer Wichtigkeit und die Gegenwart einer großen Menge Blei nicht von Nachtheil, vielmehr die größere Wohlfeilheit des Gemisches sehr willkommen ist, so steigert man wohl den Bleizusatz dergestalt,

daß das Blei die Hälfte oder noch mehr des Gesammtgewichtes ausmacht: solche Fälle kommen bei der Anfertigung von Kinderspielzeug und Verzierungen, welche man vergoldet auf hölzernen Rahmen anbringt, vor; desgleichen gießt man Modelle für die Sandformerei zum Messingguß aus stark bleihaltigem Zinn (s. Bd. IX. des Hauptwerkes, S. 594). Für die Anwendung von Speisegeräthen ist der Zusatz von 1 Theil Blei auf 6 bis 10 Theile Zinn jedenfalls zulässig.

Die Veränderungen, welche das Zinn überhaupt durch eine beträchtliche Versetzung mit Blei erleidet, sind — von der erwähnten höheren Gußfähigkeit abgesehen — nichts weniger als vortheilhaft: es verschlechtert sich die Farbe und zieht mit steigender Bleimenge mehr und mehr ins Graue; das Metall verliert beim Gebrauch bald sein blankes Ansehen und wird matt; die Härte und Steifheit vermindert sich in demselben Maße wie der Bleigehalt steigt; ein großer Bleigehalt hat die Folge, daß das Gemisch durch schwache Säure, wie sie in Speisen vorkommt, angegriffen und aus demselben Blei aufgelöst wird, wodurch Nachtheile für die Gesundheit entstehen; endlich wird das ohnehin leichtschmelzende Zinn noch leichtflüssiger wenn ihm Blei zugesetzt ist und dieses weniger als zwei Drittel des Gesammtgewichts ausmacht. Die leichtflüssigste (und zugleich dünnflüssigste) Mischung ist die von 5 Theilen Zinn mit 3 Theilen Blei, welche der chemischen Formel $Sn_3 Pb$ oder 62,66 Prozent Zinn auf 37,34 Proz. Blei entspricht.

Durch den niedrigen Preis des Bleies ist ein starker Reiz gegeben, die Menge desselben in einer Legirung mit dem weit kostspieligern Zinn über Gebühr zu vergrößern; dieser Versuchung haben denn auch viele Zinngießer — trotz entgegenstehender staatlicher Verordnungen — nicht widerstehen können, und sie sind ihr um so leichter erlegen als im Laufe der Zeit das ehemals allgemein gebräuchliche Zinngeschirr größtentheils durch in der Anschaffung wohlfeileres, wenngleich vergänglicheres Thongeschirr verdrängt wurde, dessen Konkurrenz mittelst Preiserniedrigung des Zinnes bekämpft werden sollte. Statt aber dieses Ziel zu erreichen, schlug die häufigere Verarbeitung eines übermäßig bleihaltigen Zinns vielmehr zum fast völligen Ruin des Zinngießergewerbes aus, welches sich fortan auf die Lieferung weniger Artikel beschränkt sah.

Man hat verschiedentlich die Eigenschaften, besonders das äußere Ansehen und die Steifheit des stark mit Blei versetzten Zinns durch Zusätze anderer Art zu heben versucht und in dieser Absicht Beimischungen von Antimon oder Zink gegeben, damit aber jedenfalls das Metall in Ansehung der Gefahren für die Gesundheit nicht verbessert. Beispiele solcher verwerflicher Zusammensetzungen sind: 48,0 Zinn, 48,5 Blei, 3,5 Antimon (in schlechten Eßlöffeln gefunden); 16 Zinn, 3 Blei, 4 Zink, oder 16 Zinn, 4 Blei, 3 Zink. Ein wesentlicher und höchst folgenreicher Schritt zur Wiedereinsetzung des Zinns in eine ehrenvolle Stellung ist aber dadurch geschehen, daß man auf den Bleizusatz gänzlich verzichtete, dem reinen Zinn die erwünschte Gußfähigkeit und außerdem vergrößerte Härte und Politurfähigkeit durch einen andern Zusatz verschaffte und so eigentlich ein neues werthvolles Material schuf, nämlich das Britanniametall. Unter diesem Namen wurden zu verschiedenen Zeiten mancherlei von einander abweichende Legirungen in den Handel gebracht, welche außer dem Zinn stets Antimon, überdieß oft etwas Zink oder Wismuth, zuweilen mit einem geringen Antheil Kupfer enthalten haben sollen. Gegenwärtig scheint man sich regelmäßig auf eine Versetzung des Zinns mit Antimon zu beschränken, wobei ein (übrigens für die Güte des Metalls vortheilhafter) Kupfergehalt wohl meist nur zufällig, als natürliche Verunreinigung des angewendeten Zinns, auftritt. Dieß zeigen folgende Ergebnisse von Analysen:

	a	b	c	d	e	f	g
Zinn . .	91,53	90,62	90,71	90,57	85,5	81,90	77,812
Antimon .	6,98	7,81	9,20	9,40	14,5	16,25	19,375
Kupfer . .	1,42	1,46	0,09	0,03	—	1,84	2,781
	99,93	99,89	100,00	100,00	100,0	99,99	99,968

Es ist a und b Britanniametall aus Birmingham, nach Faißt; c und d Britanniametall ebendaher, nach Heeren; e sogenannntes Métal argentin aus Frankreich f Britanniametall, nach Baumgärtl; g Aschberry's Patent-Metall, nach Demselben. — Ein über 10 Prozent hinausgehender Antimongehalt ist schon nicht mehr zu empfehlen, da er einerseits die Farbe zu merklich ins Bläulichgraue zieht und die Mischung in gewissem Grade spröde macht, anderer

seits bei der Anwendung des Metalls zu Löffeln u. dgl. aus Gesundheitsrücksichten nicht unbedenklich erscheint. Dagegen haben Zusammensetzungen wie a, b, c, d, — welche man einfach als aus 1 Theil Antimon mit 10 bis 13 Theilen Zinn gebildet bezeichnen kann — eine angenehme weiße, etwas ins Bläuliche ziehende, (fast der des Platins gleichende) Farbe und übertreffen an Härte das reine, weit mehr also noch das bleihaltige Zinn; sie lassen sich mit gewöhnlichen, auch ziemlich feinen, Feilen sehr gut bearbeiten ohne deren Hieb mehr zu verstopfen als Messing es thut; sind biegsam und geschmeidig, obwohl viel steifer als unvermischtes Zinn; und nehmen durch Poliren einen schönen feinen Glanz an. Um die Einwirkung einer schwachen Säure zu erproben, wurde ein Streifen Blech von dem vorstehend unter d angeführten Britanniametall in eine Mischung aus gleichviel Wasser und gewöhnlichem guten Essig so gestellt, daß er zum Theil herausragte: nach 48stündigem Verweilen darin hatte derselbe nichts von seinem Glanze verloren, ausgenommen eine schmale Stelle, welche dicht unter der Oberfläche gewesen war und sich unbedeutend mattgrau angelaufen zeigte; aber in dem Essig bildete sich nachher beim Hindurchleiten von Schwefelwasserstoffgas ein beträchtlicher flockiger dunkelbrauner Niederschlag. Zur Vergleichung wurde in eine andere Portion derselben sauren Flüssigkeit ein Stäbchen unvermischten Zinns, ebenfalls 48 Stunden lang, gestellt: durch Schwefelwasserstoffgas entstand hierin gleichfalls ein brauner Niederschlag, dem Ansehen nach in eben so reichlicher Menge wie von Britanniametall bei dem vorhergehenden Versuche. Man darf also wohl schließen, daß Britanniametall-Geräthe nicht mehr gesundheitliche Bedenken in der Anwendung erwecken können, als zinnerne; und es ist offenbar, daß man die einen wie die anderen nicht längere Zeit unter Umständen belassen darf, wo sie mit sauren Speisen und Luft zugleich in Berührung sind.

2) Die Formen zum Zinnguß. — Wenn eine Hauptbedingung für die Brauchbarkeit einer Gießform darin besteht, daß dieselbe keine nachtheilige, den Guß störende Einwirkung von demjenigen Hitzgrade erleide, welchen das hineingegossene Metall ihr mittheilen kann; so ist klar, daß zum Gießen eines so leichtschmelzenden Metalls, wie das Zinn ist, eine reiche Auswahl unter den Stoffen zu Formen zu Gebote steht. In dieser Beziehung kann

überhaupt die Gesammtheit der zur Gießerei verwendbaren Metalle unter zwei Klassen gebracht werden: die der strengflüssigen und die der leichtflüssigen. Zur ersten Klasse gehören jene, welche Glühhitze zum Schmelzen erfordern, also Gußeisen, Stahl, Messing und Tombak, Bronze, Argentam, Silber, Gold. In die Klasse der leichtflüssigen, bei einer bedeutend unter dem Glühen liegenden Temperatur schmelzenden Metalle gehören das Blei und das Zinn nebst ihren Legirungen, als: Hartblei und Schriftzeug (aus Blei und Antimon), bleiversetztes Zinn, Britanniametall, u. s. w. Auf der Grenze zwischen beiden Gruppen steht das Zink, dessen Schmelzpunkt sehr nahe an der Glühhitze liegt. Für die strengflüssigen Metalle sind fast ausschließlich Formen von Sand oder Lehm, nur ausnahmsweise solche von Eisen, wie die Schalenformen der Eisengießereien (Supplemente Bd. II. S. 641) und die Eingüsse der Gold- und Silberarbeiter (Hauptwerk Bd. VII S. 138), sowie der Münzstätten (Hauptwerk Bd. X S. 229), anwendbar. Die Gußsteine, zwischen welchen man das Messing zu großen Platten gießt (Hauptwerk Bd. IX S. 585) stellen streng genommen auch eine Lehmform dar, da sie nicht ohne einen Lehmüberzug gebraucht werden und zuweilen ganz aus gebranntem Thon bestehen. Die leicht schmelzenden Metalle pflegt man nur dann in Sand zu gießen, wenn es sich um Darstellung eines einzigen Exemplars oder weniger Exemplare des Gußstücks handelt, weil die Anfertigung des zur Sandformerei erforderlichen Modells weniger schwierig und kostspielig ist als jene einer Gießform aus festem dauerhaftem Material. Sofern es aber auf den Guß vieler gleichen Stücke ankommt, werden hier immer Formen dieser letzten Art vorgezogen, weil ihre Anwendung mit großer Ersparung von Zeit und Arbeit verbunden ist und ihre Anschaffungskosten durch den oft wiederholten Gebrauch, den man von ihnen macht, sich vortheilhaft ersetzen. Zum Gießen des Zinks endlich, welches wie erwähnt zwischen den strengflüssigen und leichtflüssigen Metallen steht, bedient man sich für Gegenstände, welche in vielen Exemplaren herzustellen sind, sowohl fester Formen als der Formerei in Sand: erstere hauptsächlich bei geringerer, letzterer immer bei beträchtlicher Größe der Gegenstände.

Da die Verfertigung der Formen für strengflüssige Metalle durch das in den Artikeln Eisengießerei und Messinggießerei Vor-

gekommene genügend erläutert ist, die Zinkgießerei aber in einem besonderen Artikel des gegenwärtigen Bandes abgehandelt wird, so bleibt nur noch dasjenige zu erörtern, was die festen oder dauerhaften Formen für den Guß leichtschmelzender Metalle betrifft. Als hierher gehörige Beispiele sind die eisernen Formen für den Gewehrkugelguß (Hauptwerk Bd. II. S. 379) und die Gießinstrumente der Schriftgießer (Bd. XVI. S. 518; Bd. XVII. S. 395, 469) in Erinnerung zu bringen. Die häufigste Anwendung solcher fester Formen bietet aber das Gießen des Zinns dar, welches in dieser Hinsicht als Repräsentant der leichtschmelzenden Metalle überhaupt gelten kann, weil es in der That an der Beschaffenheit der Formen nichts ändert, ob man Zinn oder Blei oder irgend welche Legirungen dieser beiden (also Britanniametall, Hartblei, Schriftzeug) in dieselben gießt.

Theoretisch betrachtet ist zu Zinngußformen jedes Material geeignet, welches durch die beim Eingießen ihm mitgetheilte Hitze keine Beschädigung erleidet, also weder schmilzt, noch verbrennt oder verkohlt, oder zerspringt. Dabei muß sofort bemerkt werden, daß der Hitzgrad, welchen die Form auszuhalten hat, der Regel nach erheblich geringer ist als der im einzugießenden flüssigen Metalle vorhandene, zumal wenn die Form aus einem guten Wärmeleiter (Metall) besteht und ihre Körpermasse nicht zu gering ist im Vergleich mit der von ihr aufzunehmenden Metallmasse; denn indem letztere schnell einen Theil ihrer Wärme an die Form abtritt, kann sie dieselbe doch niemals bis zu einem dem ihrigen gleichen Grade erhitzen. Hieraus erklärt sich, daß es angeht, Zinn in zinnernen, Blei in bleiernen (gleichwie Gußeisen in gußeisernen) Formen zu gießen. Nur wenn das einlaufende Metall sehr weit über seinen Schmelzpunkt erhitzt und die Form dünnwandig wäre, würde ein stellenweises Schmelzen der letzteren eintreten können, indem sich ihr eine große Menge Wärme so plötzlich mittheilte, daß genügend schnelle Ableitung unmöglich wäre.

Die Praxis stellt aber an die Formmaterialien noch andere Forderungen, als die eben angezeigte der Beständigkeit in der Hitze. Der Stoff, woraus man Gießformen macht, soll dauerhaft (also hart und fest), er soll leicht zu bearbeiten sein (damit die Herstellung der Formen nicht zu schwierig wird), ferner nicht kostspielig und

endlich nicht von zu großem spezifischem Gewichte (damit die Handhabung der Formen ohne Unbequemlichkeit geschehen kann). Diese Ansprüche stehen sich sehr häufig gegenseitig im Wege. Die Härte und Festigkeit des Stoffs, welche der Dauerhaftigkeit halber verlangt wird, erschwert die Ausarbeitung; die dauerhaftesten Stoffe sind meist nicht die wohlfeilsten; die wenig kostspieligen und leicht zu bearbeitenden haben ihrerseits gewöhnlich den Fehler der Zerbrechlichkeit, wodurch man genöthigt wird, die daraus hergestellten Formen dick, also unbequem schwer zu machen, 2c. Es ergibt sich hiernach, daß allerlei Verhältnisse auf die Wahl der Formmaterialien Einfluß nehmen, und daß einerseits technische, andererseits ökonomische Rücksichten dabei beachtet sein wollen. Im Allgemeinen kann hierüber nur so viel gesagt werden, daß beim Vorhandensein genügender Anlagefonds, und wenn starke Benutzung der Formen in Aussicht steht, die Kostspieligkeit nie abhalten sollte, sich für die besten und dauerhaftesten Formen zu entscheiden.

Man macht Zinngießerformen oder einzelne Theile derselben hauptsächlich aus Metall oder Stein, seltener aus Gyps, in einzelnen Fällen aus Holz, Pappe oder Papier. Im Einzelnen ist hierüber Folgendes zu bemerken.

Am häufigsten unter den metallenen Formen sind die messingenen, weil sie sehr dauerhaft sind, zur Herstellung derselben im rohen Zustande leicht überall ein Gelbgießer sich findet und die Ausarbeitung meist durch den mit einer Drehbank versehenen Zinngießer selbst geschehen kann. — Nicht selten kommen gußeiserne Formen vor, welche wegen des weit wohlfeileren Materials geringere Anschaffungskosten verursachen, aber schwieriger auszuarbeiten sind und bei der Aufbewahrung, wenn sie längere Zeit nicht gebraucht werden, mehr Sorgfalt erfordern, um das Rosten zu verhindern; auch ist ihre Herstellung an Orten, welche keine Eisengießerei in der Nähe haben, mit Weitläufigkeiten verbunden — lauter Umstände, welche ihrem allgemeinen Gebrauche im Wege stehen. — Aus Stahl macht man öfters einzelne Bestandtheile zu messingenen oder eisernen Formen, namentlich fein polirte Kerne zu hohlen Gegenständen, deren Inneres höchst glatt sein muß und für das Poliren nach dem Gusse nicht recht zugänglich ist. Ein Beispiel hiervon gibt die Form zum Gießen der zinnernen Kerzenmodel (Lichtformen), in

welchen Talg- und Stearinsäure-Lichte gegossen werden (Hauptwerk Bd. VIII. S. 343, und Supplemente Bd. IV. S. 26). Auch in den Fabriken von Britanniametallwaren wendet man mitunter aus demselben Grunde gern die größeren Kosten an, welche Stahlkerne verursachen. — Zu manchen kleinen Artikeln (wie Deckelknöpfen, Gefäßhenkeln und ähnlichen Nebenbestandtheilen) dienen sehr gut bleierne oder zinnerne Formen, besonders wenn es auf schnelle, wohlfeile Herstellung ankommt und ein sehr starker Gebrauch nicht vorherzusehen ist; man verfährt bei ihrer Anfertigung in der Weise, daß man das Zinn oder Blei — nach Erforderniß in zwei oder mehreren Theilen — auf ein dem zu erzeugenden Gußstücke gleiches Modell aufgießt, welches allenfalls aus (kreidebestrichenem) Holz bestehen kann. Man hat nur zu beachten, daß solche Formen im Verhältniß zur Größe ihrer Höhlung etwas dick sein müssen, und daß beim Gebrauch derselben das Zinn nicht übermäßig heiß eingegossen werden darf (S. 454).

Steinformen zu größeren Gegenständen werden aus feinkörnigem und festem Sandstein (Thon- oder Kalksandstein) gemacht. Ihrer Wohlfeilheit wegen (da das Material wenig kostet und auch die Bearbeitung nicht schwierig ist) sind sie namentlich in kleineren Werkstätten nicht selten; sie werden aber durch ihre der Haltbarkeit wegen nöthige große Dicke voluminös und folglich unbequem für die Handhabung; auch liefern sie — da der Stein seines körnigen Gefüges halber eine rauhe Oberfläche behält — keine glatten Güsse und sind demnach untauglich zur Darstellung von Gußwerk mit verzierter Oberfläche. — Ausgezeichnet glatt gießt sich dagegen das Zinn in Formen von Serpentin (Hauptwerk Bd. XVI. S. 218), der dicht und politurfähig ist; doch kann von diesem Steine nur ein sehr beschränkter Gebrauch gemacht werden, weil er viel theurer ist und frisch gebrochen — also am Fundorte selbst — verarbeitet werden muß, wenn man von seiner natürlichen (später verschwindenden) Weichheit Vortheil ziehen will. Auch wird den Serpentinformen vorgeworfen, daß sie leicht durch die Hitze des einlaufenden Zinns zerspringen, wenn sie nicht vorläufig recht behutsam angewärmt wurden. — Ein vortreffliches Formmaterial ist Schiefer, nämlich dickspaltiger feiner und fester blaugrauer Thonschiefer (Hauptwerk Bd. XVI. S. 224) dadurch, daß er wenig kostspielig ist, durch

Drechseln, Schaben, Graviren rc. sehr leicht bearbeitet wird, feine glatte Oberflächen (wenngleich ohne Glanz) annimmt und demzufolge einen sehr reinen, keiner oder weniger Nacharbeit bedürftigen Guß liefert. Nur macht die große Neigung dieses Steins, Feuchtigkeit aus der Luft anzusaugen, ein sehr vorsichtiges Anwärmen der Formen vor dem Gebrauche nöthig, um dem Zerspringen durch die Hitze des Zinns vorzubeugen. Daher eignet sich der Schiefer auch nicht zu großen Formen; desto nützlicher ist er zu Formen für nicht hohle Kleinigkeiten, namentlich mit verzierten Oberflächen, wie z. B. allerlei flaches Kinderspielzeug (Menschen- und Thierfiguren, Bäume, Häuser rc.), dessen Zeichnungen so äußerst leicht in die inneren Flächen der Formtheile eingravirt werden können.

Gypsformen gewähren ein vortreffliches Auskunftsmittel, wenn es sich um den Guß von solchen Gegenständen handelt, von welchen man nur eine kleine Anzahl Exemplare braucht, und wozu ein Modell vorhanden ist. Ueber letzteres wird nämlich unmittelbar der gebrannte und gemahlene, mit Wasser zu Brei gemachte Gyps (in zwei oder nöthigenfalls mehreren Theilen) gegossen, wonach die so entstandene Form innerlich gar keiner ferneren Ausarbeitung bedarf. Dieß ist besonders dann von Werth, wenn die Gestalt des verlangten Gußstücks eine ovale, geschweifte, gerippte oder unregelmäßige ist, so daß die Ausarbeitung des Hohlraums der Form in festem Stoff schwierig oder weitläufig sein würde. Die Wohlfeilheit und schnelle Herstellung der Gypsformen überwiegt in solchen Fällen deren geringe Dauerhaftigkeit. Sie sind nicht nur überhaupt zerbrechlich, sondern werden insbesondere bei öfterem Gebrauche dadurch mürbe, daß die Hitze des hineingegossenen Zinns nach und nach aus dem Gypse das gebundene Wasser austreibt, dem er seinen Zusammenhang verdankt. Sorgfältiges Trocknen und mäßiges Anwärmen der Gypsformen, bevor man sie in Gebrauch nimmt, ist selbstverständlich.

Holz, Pappe und Papier können begreiflich keine dauerhaften Formen geben, sind aber als Hülfsmaterial in gewissen Fällen nicht zu verwerfen. So kann man kurze und weite Röhren über einem zylindrischen hölzernen (kreidebestrichenen) Kern gießen, den man in geeignetem Abstande mit einer Röhre von zusammengerollten Papier umschlossen hat; eine Platte ist zwischen zwei mit glatter

Pappe belegten Brettern zu gießen; gewisse sehr kleine Formen mit enger, von oben bis unten durchgehender Höhlung kann man allenfalls dadurch unterwärts schließen, daß man sie zum Gießen auf ein Spielkartenblatt stellt, welches die Stelle eines besondern Formtheils vertritt, u. dgl. m. Solche Verfahrungsarten stellen im Allgemeinen mehr Nothbehelfe als Methoden eines regelmäßigen Betriebes dar.

Jede Zinngießerform besteht aus wenigstens zwei Theilen, weil sie den Guß von allen Seiten umschließen und doch nachher das Herausnehmen desselben gestatten muß. Oefters ist die Zahl der Theile eine ziemlich große, aber immer muß dahin gestrebt werden, dieselbe so sehr zu verringern, wie die Gestalt des Gußstücks zulassen will; denn durch Vermehrung der Theile wird die Anfertigung der Form schwieriger und kostspieliger, ihr Gebrauch umständlicher, zeitraubender und minder bequem. Bei Formen zu hohlen Gegenständen (Gefäßen, Röhren 2c.) wird derjenige Theil, welcher die Höhlung bestimmt, also nach dem Gusse mehr oder weniger von Zinn umschlossen ist, der Kern genannt; derjenige Theil hingegen, welcher die Außenseite des gegossenen Gegenstandes umgibt, der Hobel. Um den Bestandtheilen der zusammengesetzten Form ihre richtige gegenseitige Lage zu sichern, ist eine einfache Vorrichtung (das Schloß) nöthig, welches bei kreisrunden Formen in einem vorspringenden ringförmigen Rande des einen Theils und einer hierzu passenden Rinne oder Furche des andern Theils besteht, sonst aber durch Stifte, Zäpfchen, Zacken, Warzen gebildet wird, welche in entsprechende Löcher, Grübchen oder Kerben eingreifen; zuweilen werden (bei kleinen oder schmalen Formen) überdieß die Formtheile durch einen über das Ganze aufgesteckten metallenen Ring zusammengehalten. Metallene Formen werden, so weit thunlich oder nöthig, mit hölzernen Griffen versehen, damit man ihre Theile auch im heißen Zustande ohne Unbequemlichkeit handhaben kann.

Zum Eingießen des Zinns enthält die Form eine Oeffnung (das Gießloch, Gußloch, den Einguß), welche sich nach außen zu einer Art Trichter erweitert und eine gewisse Höhe hat, damit nach völligem Anfüllen der Form das in dem Eingusse stehende Metall, so lange es flüssig ist, einen Druck ausüben kann, durch welchen das Eindringen des Zinns in alle Räume der Formhöhlung

mehr gesichert wird. Es ergibt sich von selbst, daß das Gußloch, wenn die Form sich in der zum Gießen dienlichen Stellung befindet, obenauf sein muß. Der Regel nach mündet auch das Gußloch direkt in den alsdann höchsten Theil der Formhöhlung; nur wenn dieser oberste Theil der Höhlung zu eng ist für den raschen Durchfluß des Metalls, läßt man den Einguß an einer gelegenen, etwas tieferen Stelle einmünden. In diesem Falle steigt also das flüssige Zinn von unten in jenem engeren Theile auf, der mit einer feinen, nach außen gehenden Oeffnung endigen muß, um die Luft vor dem Zinn her entweichen zu lassen. Bei komplizirterer Gestalt des Gußstücks würde öfters das einlaufende Metall vom Gußloche aus einen so großen, theilweise vielleicht so engen Weg zurückzulegen haben, daß es vor der Ankunft an den entferntesten Stellen erstarren könnte, was eine Unvollständigkeit des Gußstücks zur Folge haben würde. Dem hilft man dadurch ab, daß man vom Gußloche aus einen in mehrere Zweige sich theilenden Kanal anbringt, durch welchen das Metall an verschiedenen Punkten zugleich in die Form gelangt, also dieselbe schneller und sicherer füllt. Die in der Formhöhlung befindliche Luft muß dem beim Eingießen andringenden Metalle ausweichen können, widrigenfalls einzelne Theile der Höhlung gar kein Metall aufnehmen oder wenigstens Blasen und Löcher im Gusse entstehen. Gewöhnlich reichen als Ausgänge für die Luft schon die feinen Fugen hin, welche die Theile der zusammengesetzten Form zwischen sich lassen, und es dringt sogar ein wenig Metall in diese Fugen ein und erzeugt daselbst die sogenannte Nath (Gußnath). Doch ist es manchmal erforderlich, eigene feine Kanäle (Windpfeifen) zum Austritt der Luft anzubringen, wie oben bereits an einem Falle gezeigt wurde.

Nach diesen Auseinandersetzungen über die Beschaffenheit der Zinngußformen im Allgemeinen wird es nöthig sein, etwas näher auf diejenigen Verschiedenheiten derselben einzugehen, welche aus den so höchst mannichfaltigen Gestalten der zu erzeugenden Gußware für die einzelnen Fälle hervorgehen. Es ist hier voraus die Bemerkung zu machen, daß man in den gewöhnlichen Fällen die thunlichste Einfachheit der Formen anstrebt, deßhalb Gegenstände von komplizirterer Gestalt lieber in zwei oder mehreren Stücken gießt und diese nachher durch Löthen vereinigt; am meisten gilt dieß

von stark vorspringenden Nebentheilen an Gefäßen, wie Deckelknöpfen, Henkeln und dergleichen, welche für sich gegossen und mittelst Loth an den Hauptkörper angesetzt werden. Bei einem großen Fabrikbetriebe jedoch, wo man die höheren Anlagekosten nicht zu scheuen hat und die theuren Formen durch umfassende Benutzung sich verwerthen, wird das umgekehrte Verfahren befolgt, d. h. dahin getrachtet, alle Zusammensetzungen zu vermeiden und die Gegenstände so weit nur möglich als vollständiges Ganzes zu gießen, wodurch sie technisch vollkommener ausfallen und auch in ökonomischer Beziehung, durch die Ersparung vieler Nebenarbeit, ein Vortheil entsteht.

a) Die einfachste aller vorkommenden Aufgaben ist das Gießen einer flachen und glatten viereckigen Platte. Es ist schon gegelegentlich (S. 457) angedeutet worden, wie man sich hierzu eine sehr einfache und wohlfeile Form aus zwei Brettern herstellen könne, die man in solcher Entfernung von einander anbringt, wie die geforderte Dicke der Platte vorschreibt. Man bedeckt die inneren (einander zugewandten) Flächen dieser Bretter mit recht glatten Pappbogen und legt auf drei Seiten des Vierecks, zunächst den Rändern, hölzerne Leisten dazwischen, welche den vom Zinn auszufüllenden Raum bestimmen; die vierte Seite bleibt zum Eingießen offen. Einige Schrauben halten das Ganze während des Gusses dicht zusammen. Eine bessere und dauerhafte Form zu diesem Zwecke wird aus Messing oder Eisen mit fest angenieteten Leisten hergestellt und hat hiernach diejenige Beschaffenheit, welche — in kleinerem Maßstabe — die Platteneingüsse der Goldarbeiter darbieten (Hauptwerk Bd. VII. S. 139]; nur ist der Schraubkloben zum Zusammenhalten der Form überflüssig; statt dessen versieht man die eine Platte in ihrer Mitte mit einem hölzernen Griffe, mittelst dessen sie — bei schräg aufgerichteter Stellung des Ganzen — gegen die andere, irgendwo angelehnte Platte angedrückt werden kann.

Daß diese Form keine wesentliche Veränderung zu erleiden brauchte, wenn etwa der Umriß der zu gießenden Platte nicht viereckig, sondern rund oder anders gestaltet wäre, ergibt sich ohne Weiteres.

Platten von beträchtlicher Größe oder sehr dünne Blätter sind in Formen der eben erwähnten Art nicht zu gießen, weil das Me-

tall den Raum nicht leicht vollständig füllen würde. Man gebraucht dann statt der Form eine einzige ebene Fläche, auf welcher das flüssige Metall durch eine geeignete Vorrichtung in gleich dicker Schicht ausgebreitet wird. Als ein Beispiel hiervon ist das Gießen der Bleiplatten (Hauptwerk Bd. II. S. 367) in Erinnerung zu bringen. Die zur Anfertigung der Orgelpfeifen dienenden Platten von bleihaltigem Zinn werden — ungefähr 3,6 Meter lang und 0,50 bis 0,55 Meter breit bei 2 Millimeter oder weniger Dicke — auf ähnliche Weise folgendermaßen gegossen: Die Gießtafel (von der angegebenen Länge und Breite) ist von Tannenholz und des Werfens wegen aus neben einander gelegten, mittelst durchgehender eiserner Schraubbolzen verbundenen Latten gebildet, auf der oberen oder Arbeits-Seite mit Leinwand überzogen. Ein länglich viereckiger hölzerner Kasten ohne Boden wird an dem einen Ende quer über die Gießtafel aufgesetzt, mit dem flüssigen Metall gefüllt und dann ziemlich rasch gegen das andere (ein wenig niedriger liegende) Ende fortgeschoben. Die richtige und überall gleiche Dicke der hierbei entstehenden Platte wird dadurch erzeugt, daß die hintere Wand des Kastens nicht auf die Fläche der Gießtafel hinabreicht, sondern mit ihrem unteren Rande um so viel als nöthig von derselben entfernt bleibt. Das Metall muß im Augenblicke des Gusses so weit abgekühlt sein, daß es schon in etwas dicken, breiartigen Zustand überzugehen anfängt, und also die dünne Schicht, welche der fortschreitende Kasten hinter sich läßt, ohne Verzug auf der Gießtafel erstarrt. Die Leinwandbekleidung der letzteren hat den Nutzen, die Anhaftung des Metalls zu befördern, so daß bei gehöriger Vorsicht keine Löcher in den Platten entstehen.

Nach gleichem Prinzip hat man Apparate zum Gießen langer und schmaler Zinn- (und Blei-) Platten hergestellt, wobei ein eiserner Metallbehälter ohne Boden auf einer horizontalen gußeisernen Tafel fortgezogen wird, und dieser Behälter — um dessen Füllung auf gehöriger Temperatur zu erhalten — mit einem Kohlenbecken umgeben ist. Würde man einen solchen Metallbehälter auf einem um seine Achse gedrehten horizontalen Zylinder feststehend anbringen, oder das geschmolzene Metall auf einen in Achsendrehung begriffenen hohlen, mittelst durchströmenden Wassers kühl gehaltenen Zylinder aufgießen, so könnte man Platten von beliebig großer

Länge gewinnen; doch scheinen solche Einrichtungen praktische Schwierigkeiten und keinen entsprechenden Werth darzubieten.

Hier reiht sich das Verfahren an, welches zur Darstellung des (jetzt kaum mehr vorkommenden) gegossenen Tabaksbleies (Hauptwerk Bd. II. S. 371) diente, und auch angewendet wird, um sehr dünne Zinnblätter zu gießen; man muß aber dazu die Gießtafel sehr steil — unter 75 Grad zum Horizont geneigt — stellen und bleifreies Zinn anwenden, sonst erhält man keine glatten und ganzen Blätter. Diese Art Gießerei kann mit Hülfe eines mechanischen Apparats betrieben werden, indem man durch Riemen ohne Ende zwei Zinnkästchen bewegen läßt, von welchen das eine oben auf die Gießtafel tritt und mit Zinn gefüllt wird, sobald das andere unten angekommen ist und seinen Metallüberschuß ausgeleert hat. Auf solche Weise können zwei Mann, von einem Kinde unterstützt, täglich 300 Blätter gießen, von welchen jedes 2,4 Meter lang, 1,05 Meter breit ist und 3,4 bis 3,6 Pfund wiegt (Dicke etwa 0,095 Millimeter.)

b) Würden auf einer gegossenen Platte einseitig oder beiderseitig irgend welche Erhöhungen verlangt, so hätte man nur den Innenflächen der beiden Formtheile die entsprechenden Vertiefungen zu geben, und alles Uebrige bliebe wie vorher. Damit ist aber verständlich genug die Konstruktion aller der Formen angezeigt, welche zum Gießen der (S. 457 erwähnten) flachen Zinnfiguren, überhaupt flacher Gegenstände mit mehr oder weniger Relief auf einer Seite oder auf beiden Seiten, dienen.

c) Solche Gegenstände können auch Oeffnungen erhalten, wenn die beiden Formtheile an den entsprechenden Stellen mit richtig geformten Erhöhungen sich berühren, so daß hier kein Zinn zwischen sie eintreten kann. So besteht die Form zu einem runden Ringe aus zwei Scheiben, deren jede auf ihrer Innenseite eine der halben Dicke des Ringes gleichende kreisförmige Furche oder Rinne eingedreht enthält; das Gußloch ist auf einer beliebigen Stelle des Umkreises. Gleichwie zum vollen Ring (rund oder von beliebiger anderer Gestalt) würde auch die Form zu einem halben Ringe aus zwei Platten bestehen, deren jede die Höhlung für den halben Querschnitt enthielte. Als wenig modifizirte halbe Ringe können aber z. B. Gefäßhenkel angesehen werden, für welche daher das

Gleiche gilt, nur daß man der Form zur Materialersparung nicht die Plattengestalt, sondern auch äußerlich die allgemeine Gestalt des Henkels gibt. Hiernach ist ohne Weiteres klar, wie die Formen für andere massive und nicht flache Gegenstände beschaffen sind, wobei es öfters vorkommt, daß die Gestalt des zu gießenden Stücks eine drei- oder mehrtheilige Form nöthig macht, damit letztere ungehindert vom Gusse abgenommen werden kann. So z. B. ist die Form zu einem Deckelknopfe in Gestalt einer Artischoke oder eines Tannenzapfens durch radial gestellte Längenschnittflächen in drei Stücke getheilt und der Einguß befindet sich am Fußende derselben, welches zu diesem Zwecke gänzlich offen sein kann.

d) Einiges Eigenthümliche hat die dreitheilige Gießform zu zinnernen Kleiderknöpfen (Hauptwerk Bd. VIII. S. 401), bei welcher das Vorhandensein des Oehrs auf der flachen runden Scheibe eine veränderte Konstruktion bedingt.

e) Geht man wieder von der einfachen Form zu einer flachen Platte (unter a) aus, nimmt aber an, es enthalte die Innenseite des einen Formtheils eine schalenartige Vertiefung, dieser gegenüber die Innenseite des anderen Theils eine ähnlich gestaltete, doch den Grund der Vertiefung nicht erreichende Erhöhung, so wird der Guß eine Platte bilden, die nicht eben, sondern einerseits erhaben, andererseits vertieft gewölbt ist. Diese Wölbung kann über die ganze Oberfläche des (nicht nothwendig viereckigen) Gußstücks oder nur über einen Theil derselben sich erstrecken; geringe Modifikationen nur sind erforderlich, um im ersteren Falle einen Teller oder den Deckel einer Suppenschale, im letzteren Falle einen Eß- oder Theelöffel hervorgehen zu sehen, für welche Stücke hiernach leicht die Beschaffenheit der Gießformen abzuleiten ist, wenn man die unter c. gemachte Bemerkung berücksichtigt, daß aus rein praktischem Grunde die äußerliche Gestalt der Form im Ganzen die Gestalt ihres Hohlraums (also hier des Tellers oder Löffels) wiedergibt.

f) Mit dem eben Gesagten ist der Weg zu solchen Gegenständen eröffnet, welche eine tiefer hineingehende Höhlung, also eigentliche Gefäßgestalt besitzen, wie Schalen und dergleichen ohne vortretenden Fuß, Leuchterfüße 2c. Die Form hierzu besteht immer noch aus zwei Theilen, von welchen der eine (Hobel) die äußere Gestalt des Gefäßes als Vertiefung, der andere (Kern) die innere Gestalt

des Gefäßes als Erhöhung darbietet; der Einguß befindet sich an irgend einer Stelle des Randes. Vorausgesetzt ist indessen, daß die Höhlung des Gefäßes wie dessen Aeußeres vom Rande aus nach der Tiefe in den Querdimensionen sich verjünge, weil sonst der Kern aus dem Gußstücke und dieses aus dem Hobel nicht herausgehoben werden könnte.

g) Wird das Gefäß als sehr tief, dabei verhältnißmäßig eng und vom Rande bis zum Boden gleich weit angenommen, z. B. als zylindrischer Becher, so steigt die Schwierigkeit der Trennung des Gusses von der Form zu einem praktisch unzulässigen Grade. Alsdann tritt eine Aenderung des Hobels dahin ein, daß derselbe durch einen Längenschnitt in zwei gleiche Theile zerlegt wird, die sich seitwärts vom Gusse abziehen lassen. Den Kern macht man in solchen Fällen — damit er leicht genug aus dem Innern des Gusses sich löst — jedenfalls ein wenig konisch, das heißt, nach dem Boden des Gefäßes hin verjüngt, und überläßt es dem nachherigen ohnehin nöthigen Ausdrehen des Stückes, die bis auf den Boden völlig gleiche Weite der Höhlung herzustellen, sofern diese absolut erfordert werden sollte. Der Einguß bleibt, wie im vorigen Falle, am oberen Rande des Bechers. — Wesentlich von gleicher Beschaffenheit sind die Formen zu einer Tabakdose und deren Deckel, nur daß diese beiden Gegenstände viereckig und viel weniger tief sind, sowie daß noch ein kleiner Nebenbestandtheil der Form hinzukommt, um beim Gusse die Scharnier-Röhrchen mit zu erzeugen.

h) An einem Becher der vorerwähnten Art pflegt der Boden äußerlich nicht eben gemacht, sondern derart mit einer seichten Vertiefung versehen zu werden, daß nur der Rand die Unterlage berührt, auf welche man das Gefäß stellt. Diese Vertiefung erfordert einen entsprechenden Kern, und danach wird die Form überhaupt viertheilig; der durch die zwei zusammengesetzten Seitentheile gebildete Hohlraum nimmt von oben den großen (langen) Kern für das Gefäßinnere, von unten den niedrigen Kern für die äußere Bodenvertiefung auf, und beide gegen einander stehende Kerne lassen zwischen sich einen Raum so groß als die Bodendicke des Bechers erfordert.

i) Hierin ändert sich wesentlich nichts, wenn das Gefäß, statt zylindrisch, nach der Mündung erweitert, etwa halbkugelähnlich, und

wenn der Boden bedeutend vertieft, zu einem ausgeschweiften hohlen Fuße gebildet ist, wie beides beispielweise an einem Suppennapf sich darstellt; es wird in diesem Falle nur der Bodenkern nach Erforderniß höher und beide Kerne erhalten eine andere Profilgestalt.

k) Die Form zu einem geraden Rohre besteht aus einem zweitheiligen Hobel, wie in den vorstehenden Beispielen, und einem ganz hindurchgehenden, mit beiden Enden in Lagern des Hobels aufruhenden Kerne; man kann sich das Gußstück wie einen zylindrischen Becher nach g., jedoch ohne Boden, vorstellen. Ein solches Rohr, nur äußerlich wie innen ziemlich stark konisch und an einem Ende mit weiter, am andern mit sehr kleiner Oeffnung, ist der Kerzenmodel (S. 455). Bei der großen Länge und geringen Wandstärke dieses Stückes erfordert der Einguß eine eigenthümliche Anordnung, damit das Zinn leicht und sicher die Form anfüllt. Das Gußloch ist nämlich neben dem dicken Ende des Kerns und bildet den Eingang eines langen geschlossenen Kanals, welcher, in jedem der beiden Hobeltheile zur Hälfte seiner Weite ausgearbeitet, die ganze Form entlang geht, in deren Höhlung er durch eine Anzahl schräger Verzweigungen mündet, um das Zinn an mehreren Punkten einzuführen. Der Kern hat selbstverständlich genau die Gestalt einer gegossenen Kerze. — Wie man für kurze Röhren eine Form zur Noth aus Holz und Papier herstellen könne, ist bereits (S. 457) erwähnt.

l) Bauchige Hohlkörper, d. h. solche, deren Höhlung irgendwo im Innern eine größere Weite hat als an der Mündung, bieten dadurch eine Schwierigkeit, daß ein Kern von gewöhnlicher Beschaffenheit nicht aus dem gegossenen Stücke entfernt werden könnte. Welche Wege man alsdann einschlägt, mag beispielsweise an einem Bauchkruge gezeigt werden, der von der Stelle seines größten Durchmessers nach dem Boden hin enger wird, ebenso nach oben halsförmig zusammengezogen, schließlich aber an der Mündung wieder erweitert (ausgeschweift) ist.

Wenn man ein solches Stück mittelst möglichst einfacher und wohlfeiler Formen darstellen will, gießt man dasselbe nicht als Ganzes, sondern in zwei Theilen, welche nachher durch Löthen vereinigt werden. Der Schnitt, durch welchen der Krug für diesen Zweck getheilt wird, ist rechtwinkelig zur Achse desselben und geht

durch die größte Weite. Alsdann bekommt man einen schalenartigen Untertheil mit dem Boden, ganz von der Art wie in f. beschrieben, wozu also eine zweitheilige Form genügt; und einen an beiden Enden offenen Obertheil, welcher die Gestalt eines weiten, in der Gegend seiner Mitte engeren, nach jedem Ende hin sich erweiternden Rohres hat, also wesentlich dem Suppennapf (unter i) ähnlich ist, nur daß zwischen der Körperhöhlung und der Fußhöhlung kein Boden sich befindet. Die Form hierzu besteht also wie für i. aus einem zweitheiligen Hobel und zwei Kernen, welche letztere aber da, wo die engste Stelle des Halses ist, einander berühren, so daß unbeanstandet der eine nach oben, der andere nach unten aus dem Gusse hervorgezogen werden kann.

Unter Umständen, wo die Kostspieligkeit der Gießform weniger als die Vollkommenheit des Produkts und die Vermeidung der nachträglichen Lötharbeit in Betracht gezogen wird, entschließt man sich, den Krug als Ganzes zu gießen, in welchem Falle der Hobel aus den schon bekannten zwei Seitentheilen und einem dritten scheibenförmigen Stücke für die äußere Seite des Krugbodens besteht, der Kern aber — welcher nun die volle Gestalt des Krug-Innern haben muß — hohl und aus mehreren Theilen so zusammengesetzt ist, daß er sich nach geschehenem Gusse zerlegen und stückweise aus dem Gefäße entfernen läßt. Die Anordnung für diesen Zweck kann etwas verschieden sein. Man kann z. B. den Kern, aus einer Bodenscheibe, einem Deckel und etwa fünf Seitentheilen gebildet, mittelst einer in seiner Achse durchgehenden langen Schraube zusammenhalten, oder aber die einzelnen Theile mit Gypsbrei zusammenkitten, der dem nachherigen Auseinanderbrechen nicht widersteht. Auf diese letztere Weise muß jedenfalls verfahren werden, wenn an dem Gefäße sich solche hohle Nebentheile befinden, deren Kern sich nicht anders mit dem Hauptkern verbinden läßt. Dergleichen Nebentheile können auch zu der Nothwendigkeit führen, den Hobel aus mehr als den vorhin erwähnten drei Theilen zusammenzusetzen. Als derartige Beispiele mögen ein Theetopf und eine Milchkanne aus Britanniametall angeführt werden. Der erstere, 0,135 Meter hoch, im Bauche 0,14 Meter und in der Oeffnung 0,08 Meter weit, ganz und gar mit reicher Reliefverzierung bedeckt, mit einem ebenso verzierten Ausgußrohr, vier Füßchen und zwei

Tüllen zum Einsetzen eines hölzernen oder elfenbeinernen Henkels, erforderte eine aus 17 Theilen gebildete Form, bestehend aus

2 Seitentheilen und
1 Bodenstück für den Hobel,
9 Theilen zum Kern des Körpers,
2 Theilen zum Kern des Ausgußrohrs,
2 Kernstücken zu den beiden Tüllen,
1 Stück zum Scharnier, woran nachher der Deckel eingehängt wird.

Die weit einfachere Milchkanne, äußerlich glatt gerippt, 0,115 Meter hoch, im Bauche 0,080 Meter und in der Oeffnung 0,065 Meter weit, mit Henkel, ist in einer zehntheiligen Form gegossen, wovon 3 Stück, wie beim Theetopf, den Hobel bilden und 7 Stück den Kern zusammensetzen. — Bei beiden Gefäßen ist der Einguß mitten auf der Außenseite des Bodens angebracht, ein sehr zu empfehlendes Verfahren, weil von hier aus das einfließende Metall sich am schnellsten und gleichmäßigsten nach allen Seiten verbreiten kann. — Formen der hier berührten Art kommen öfters auf außerordentlich hohe Preise zu stehen, welche nur durch einen großartigen Absatz der Ware sich bezahlen können. Verfasser dieses Artikels sah z. B. in Birmingham die Form zu einem großen verzierten Theetopf, welche nicht weniger als 70 Pf. Sterl. (467 Rthlr.) gekostet hatte.

m) Wenn bei hohlen Gußstücken von geringer oder mäßiger Größe das Innere im Gebrauch nicht vor Augen kommt, oder wenn ein rauhes und unregelmäßiges Aussehen desselben keinen Anstoß erweckt, zugleich auch auf eine genau bestimmte oder gleichmäßige Wanddicke des Gusses kein Gewicht gelegt wird, so kann eine Form *ohne Kern* angewendet werden, welche also von der Beschaffenheit ist, daß sie, vollgegossen, ein massives Gußstück (ohne alle Höhlung) liefern würde. Das alsdann befolgte Gießverfahren besteht in dem sogenannten *Stürzen*. Man füllt nämlich die (nach Bedürfniß aus zwei oder mehreren Theilen bestehende) Form gänzlich mit flüssigem Zinn, wartet eine nach der Erfahrung und nach dem Ansehen des Metalls bemessene Zeit lang, bis eine genügend starke Kruste desselben an der Formwandung erstarrt ist, stürzt dann plötzlich die Form um und läßt den noch flüssigen Theil des Me-

talls auslaufen, wonach allerdings die Innenfläche des hohlen Gußstücks mit rauhem körnigem Aussehen erscheint. Dieser, eine große Kostenersparung an den Formen, besonders bei bauchigen Stücken, gewährenden Methode bedient man sich bei Anfertigung des Miniaturgeschirrs, welches als Kinderspielzeug dient, aber auch zu Gegenständen eines ernsten Gebrauchs, z. B. größeren und daher hohl zu gießenden Knöpfen auf Gefäßdeckeln, kleinen Büsten, Leuchterschäften, Knie- und Bogenröhren, großen Gefäßhenkeln ꝛc.

3) Das Verfahren beim Gießen. — Bei der Leichtschmelzbarkeit des Zinns sind die Veranstaltungen zum Gießen desselben sehr einfach: Zum Schmelzen des Metalls dient ein eiserner Kessel, der auf einem Ofen eingemauert ist, oder auch nur eine große Pfanne, welche man vom Ofen abnehmen kann. Mit einem eisernen Löffel schöpft man es aus diesem Behälter, um es in die Formen zu gießen. Letztere werden, wenn sie aus Metall oder Stein (auch Gyps) bestehen, vor dem ersten Eingießen erwärmt, damit sie nicht das Zinn zu schnell abkühlen und es zum Erstarren bringen, bevor noch die ganze Höhlung angefüllt ist; steinerne (und gypsene) auch deßhalb, um dem Zerspringen bei der plötzlichen Erhitzung vorzubeugen. Späterhin erhalten sich die Formen schon durch das Gießen selbst mehr als genügend warm. Um dem Anhängen des Zinns an die Formwände vorzubeugen, also die Ablösung der Gußstücke zu erleichtern, gibt man den Formen inwendig einen Ueberzug von verschiedener Beschaffenheit. Metallene Formen bedeckt man mit einer dünnen Lage Ruß durch das Anrauchen (Anräuchern) über brennendem Kienholz, auch (wenn sie sehr klein sind) über der Kerzen- oder Lampenflamme; oder man bestreicht sie mit Wasser, in welchem Bolus, Töpferthon, Lehm, Eisenocher zerrührt ist, und läßt diesen Anstrich trocknen, was, wenn die Form vorher erwärmt war, sehr schnell von statten geht; dauerhafter und deßhalb empfehlenswerth ist der Anstrich mit einer Mischung aus Kienruß, Eiweiß und Essig. Sandsteinformen überzieht man mit Kreide, in Wasser angerührt, wodurch die oberflächlichen Poren des Steins einigermaßen ausgefüllt werden; derselbe Anstrich ist für Gypsformen dienlich. Etwaige Holzbestandtheile der Formen werden trocken mit Kreide angerieben.

Die Formen werden zum Gießen, je nach Gestalt und Größe, entweder frei auf eine Bank (einen Tisch) gestellt, oder schräg angelehnt, oder in der Hand gehalten, oder zwischen die Knie des Gießers geklemmt, oder in eine einfache hölzerne Schraubenpresse (Formpresse) eingespannt, welche sie fest geschlossen hält und vor dem Eingießen in eine bequeme geneigte Lage gebracht wird.

Man unterscheidet zwei Methoden des Gießens: Heißgießen und Kaltgießen. Das erstere ist nur mit messingnen und eisernen Formen ausführbar, und das Zinn wird dazu bis fast zum Anfang des Glühens erhitzt, so daß es einen hineingesteckten Papierstreif schnell und stark bräunt. Die Form, welche durch Eintauchen in das Zinn selbst angewärmt wird, also nahezu denselben Hitzgrad wie dieses hat, kühlt man indeß das Zinn darin noch flüssig ist (sogar schon während des Eingießens), mittelst eines nassen Lappens. Indem die vom Gußloch entferntesten Theile zuerst gekühlt werden, und man hiermit nach dem Eingusse hin in dem Maße weiter schreitet wie die Form sich füllt, wird das Zinn schnell zum Erstarren gebracht und nimmt dadurch eine glatte, von Grübchen freie Oberfläche, so wie einen besonderen Grad von Härte, Steifheit und Klang an; auch gießen sich feine scharfrandige Theile vorzüglich rein aus. Beim Kaltgießen (sowohl in eisernen und messingnen als in allen anderen Formen) gibt man dem Zinn nur so viel Hitze, daß es auf der Oberfläche nicht farbig anläuft. Wenn hier die Form nicht schon vorläufig erwärmt ist (was bei kleinen wohl vorkommt), so wird sie bald durch das Gießen selbst warm genug, wobei aber die ersten Güsse unvollständig ausfallen und verworfen werden müssen.

In dem einen wie in dem andern Falle wird nach geschehenem Gusse die Form geöffnet, das noch darin liegende Gußstück durch Bestreichen mit Wasser (mittelst Pinsels oder Lappens) abgekühlt — weil das Zinn in sehr heißem Zustande äußerst mürb und zerbrechlich ist — nöthigenfalls von der Form durch Anstoßen der letzteren mit einer Bleistange (welche ihr keine Verletzung beibringen kann) gelöst und herausgelegt.

4) Zurichtung der Zinngüsse. — Das erste und nöthigste, was mit den aus der Form genommenen Gußstücken zu geschehen hat, ist die Entfernung der Angüsse, d. h. der von Ausfüllung

des Eingusses und etwaiger Windpfeifen (S. 459) herrührenden Anhängsel, welche man je nach ihrer Dicke entweder mit einer Kneipzange abkneipt, oder mit einer stark erhitzten (schmelzend wirkenden) Messerklinge abschneidet, oder absägt. Die Spuren der Angüsse, sowie stark hervortretende Gußnäthe (S. 459) sind mit einer Zinnfeile (Hauptwerk Bd. V. S. 566) wegzufeilen, feinere Näthe mit dem Messer wegzuschneiden oder abzuschaben. Ueber die Vereinigung von Bestandtheilen durch Löthen mit dem Kolben, Zusammenblasen mittelst des Löthrohrs, Vergießen und Aufgießen ist Bd. IX. des Hauptwerks, S. 461—462, 463, 471—472 nachzusehen. Die Zinngußwaren fallen gewöhnlich matt aus; Glanz erhalten sie fast nur, wenn sie aus stark bleihaltigem Zinn in recht glatten Formen gegossen sind. In den allermeisten Fällen ist daher eine nachträgliche Bearbeitung nöthig, um die Gegenstände für den Gebrauch zu vollenden. Diese Zurichtung besteht bei den Waren aus reinem oder mit Blei versetztem Zinn in dem Ab- und Ausdrehen auf der Drehbank (sofern ihre runde Gestalt sie hierzu geeignet macht) oder im Schaben, und im Poliren. Das Schaben verrichtet man meist mit stählernen Blechen, welche den Ziehklingen der Tischler gleichen und wie diese gebraucht werden; das darauf folgende Poliren durch Reiben mit Polirstählen oder Polirsteinen (Feuerstein, Achat) von verschiedener Gestalt. Behandlung mit Schleif- und Polirpulvern läßt das Zinn nicht zu, weil die Pulvertheilchen sich in dessen weicher Oberfläche festsetzen und sie nur schmutzig machen. Anders ist es mit dem weit härteren Britanniametall, welchem daher eine viel vollkommenere Politur gegeben werden kann. Gegenstände aus Britanniametall werden, sofern sie große schlichte Flächen haben, auf hölzernen, lederbekleideten, mit ihrer Achse in schnelle Umdrehung gesetzten Scheiben mit Bimssteinpulver oder sehr feinem Flußsande geschliffen, dann auf der Handfläche mit trockenem Tripelpulver polirt. Den Schleifsand gebraucht man in halbfeuchtem Zustande, etwa so, wie frisch aus der Erde gegrabener Sand zu sein pflegt. Der Arbeiter hat auf dem Tisch einen Vorrath solchen Sandes neben sich und wirft davon mit der Hand fleißig zwischen die Scheibe und das fast ganz von unten her gegen dieselbe angehaltene Arbeitsstück, welches dabei nach Erforderniß gewendet wird. Das Innere der Gefäße wird auf einer kleinen

(z. B. 0,05 Meter im Durchmesser haltenden und 0,02 M. dicken), am Rande gerundeten Lederscheibe, welche am Ende eines 0,08 bis 0,15 Meter langen Stieles oder Schaftes sitzt, in der Drehbank geschliffen und polirt. An Gegenständen, welche zwischen Reliefverzierungen eingeschlossene glatte Stellen enthalten, können diese letzteren auch hier nur mittelst des Polirstahls (oder Blutsteins) den Glanz empfangen.

K. Karmarsch.

Zwirn.

I. Einleitende Bemerkungen. — Für gewisse Anwendungen der Gespinnste ist es vortheilhaft, zwei oder mehrere Garnfäden durch Zusammendrehen zu einem dickeren Faden zu vereinigen; dieses Verfahren heißt Zwirnen und das Produkt gezwirntes Garn oder Zwirn. Wenn das Zwirnen mit sehr schwacher Drehung geschieht, so pflegt man es auch Dubliren und das Produkt doublirtes Garn zu nennen (wie dergleichen z. B. für manche Zwecke in der Weberei gebraucht wird). Der gezwirnte Faden im Allgemeinen hat mehrere Vorzüge vor einem gleich dicken einfachen Garnfaden: 1) Er bietet ein gefälligeres Ansehen deßhalb dar, weil in ihm die einzelnen feineren Garnfäden sichtbar sind, während ein eben so dicker einfacher Garnfaden grob erscheint. 2) Man kann dem Zwirn, wenn dessen Bestimmung es erfordert, unbeschadet seiner Festigkeit eine große Weichheit und Lockerheit ertheilen, indem man beim Zwirnen nur schwache Drehung gibt; eben so gut aber andererseits durch starke Drehung (scharfes Zwirnen) einen derben, harten, glatten und schön runden Faden darstellen. 3) Indem beim Zwirnen vielfältig die fehlerhafterweise dickeren oder dünneren Stellen, von welchen ein einfacher Garnfaden nie frei ist, neben dünnere oder dickere Theile der anderen Fäden zu liegen kommen, gleichen diese Unregelmäßigkeiten sich mehr oder weniger aus, und dem zufolge hat der Zwirn einen höheren Grad von Gleichförmigkeit als das einfache Garn, aus dem er besteht.

Die Zahl der im Zwirne vereinigten Garnfäden (Stränge) ist verschieden, beträgt jedoch am häufigsten zwei bis vier und selten über acht; sie begründet die Benennungen zwei-, drei-, vierfädiger 2c.

(zwei-, drei-, viersträngiger rc.) Zwirn. Wenn der Zwirn aus mehr als drei Fäden gebildet wird, so gibt es zur Vereinigung derselben zwei verschiedene Methoden, von welchen man, je nach der Bestimmung des Zwirns, die eine oder die andere in Anwendung bringt. Das einfachste Verfahren besteht darin, daß man die ganze Anzahl der Fäden direkt mit einander zusammendreht, und wenn man einen schwach gedrehten weichen Zwirn verlangt (wie z. B. der Strickzwirn ist), geht man auf diese Weise zu Werke, welche bei zwei- und dreifädigem Zwirn sich von selbst als unumgänglich ergibt. Der andere Weg ist der, daß man zuerst je zwei oder je drei Garnfäden zusammenzwirnt und dann zwei oder drei auf solche Weise entstandene Stränge mittelst einer zweiten Zwirnung mit einander zu einem Ganzen vereinigt, in welchem 4, 6, 9 einfache Garnfäden enthalten sind. Auf diese Weise muß verfahren werden, wenn (wie namentlich zur Verwendung als Nähfaden) ein scharf gedrehter, also derber und runder Zwirn erfordert wird; denn schon beim direkten Zusammendrehen von nur 4 Fäden entstehen leicht Unregelmäßigkeiten in der Anordnung derselben, welche der Schönheit und Festigkeit nachtheilig werden, aber in viel höherem Grade würde dieß der Fall sein bei 6 oder noch mehr Fäden, weil es unmöglich ist, daß diese alle auf der Oberfläche liegen, sondern dann stets einer oder einige ins Innere sich legen müssen, um den Hohlraum zwischen den übrigen auszufüllen, wobei zufälligerweise dieses Hineintreten stellenweise diesen, stellenweise jenen Faden träfe.[1]

Die beim Zwirnen angewendete Drehung ist in der Regel jener, welche die Garnfäden beim Spinnen bekommen haben, entgegengesetzt; es bildet folglich — wenn, wie gewöhnlich, die Drehungen im Garne rechte Schraubengänge darstellen — die Drehungen des Zwirns linke Schraubengewinde. Dieß befördert wesentlich die innige Vereinigung der Fäden, weil diese sich beim Zwirnen entsprechend aufdrehen,[2] dadurch aber weicher und gefügiger werden.

[1] Man vergleiche die Auseinandersetzung, welche im Artikel Seilerarbeiten (Hauptwerk Bd. XIV. S. 474—476) über den gleichartigen Fall in Betreff der Litzen des Tauwerks gegeben wurde.

[2] Man kann sich von diesem Vorgange sehr leicht überzeugen, wenn man von zwei gleichen Stücken des nämlichen Zwirns das eine (A) durch Rückwärtsdrehen in seine Bestandtheile auflöst, aus dem andern (B) hin-

Jedoch kommt es, namentlich beim Zwirnen von Garn, welches an sich ziemlich lose gedreht ist, auch vor, daß man den Zwirn in demselben Sinne wie das Garn dreht. Werden aber zwei oder drei gezwirnte Fäden abermals zusammengezwirnt (siehe oben), so ist stets die hierbei gegebene Drehung entgegengesetzt jener des ersten Zwirnens.[1]

Ein vollkommen runder und glatter Zwirn, welcher zugleich die größtmögliche Festigkeit besitzt, weil alle darin enthaltenen Fäden gleichmäßig von spannenden Kräften in Anspruch genommen werden, kann nur unter der Voraussetzung entstehen, daß sämmtliche vereinigte Fäden in Schraubenlinien von gleichem Neigungswinkel liegen. Dieß ist bei Vereinigung von mehr als 4 Strängen nicht zu erreichen, weil die außen auf der Oberfläche liegenden Stränge oder Fäden nothwendig sich stärker winden als die im Innern befindlichen. Der hiervon entstehende Nachtheil ist unbedeutend und wird durch die natürliche Dehnbarkeit und Elastizität der Garnfäden ausgeglichen, sofern die Zwirnung überhaupt eine schwache (schlanke)

gegen einen Faden ohne Drehung (durch Abwickeln der übrigen Fäden) isolirt. Der Faden aus A befindet sich nun, wenigstens sehr annähernd, in dem Zustande, welcher ihm vor dem Zwirnen eigen war; der Faden aus B aber zeigt den Zustand, mit welchem er im Zwirne enthalten ist. Ein Beispiel mag zu genauerer Erläuterung dienen. Von sechsfädigem baumwollenem Nähzwirn, aus 3 Strängen bestehend, jeder Strang aus 2 Garnfäden gezwirnt, wurde ein 0,131 Meter langes Stück, welches 158 linke Drehungen enthielt, vollständig aufgedreht; einer der so isolirten Stränge zeigte nun 205 rechte Drehungen. Ein zweites, gleichfalls 0,131 M. langes Stück desselben Zwirns, ohne Rückdrehung aufgelöst, gab Stränge, in welchen nur 56 rechte Drehungen enthalten waren. Die Stränge haben also durch die zweite Zwirnung fast drei Viertel ihrer ursprünglichen Drehungen eingebüßt. Ist die Drehung des Zwirns bedeutend stärker als jene der einzelnen Stränge, so kann der Fall eintreten, daß die Stränge in dem Zwirn mit einer Drehung enthalten sind, entgegengesetzt ihrer ursprünglichen, weil die letztere nicht nur vermindert oder aufgehoben, sondern ins Gegentheil verkehrt worden ist. So findet man in zweifädigem Nähzwirn aus beim Spinnen rechts gedrehtem Flachsgarne die einzelnen Garnfäden mit starker linker Drehung vor, wenn der Zwirn ohne Rückdrehung aufgelöst wird.

[1] Derselbe Grundsatz wird bei Anfertigung aller Arten von Schnüren und Seilwerk befolgt, womit ja die Zwirnfabrikation eng verwandt ist (s. Hauptwerk Bd. XIII. S. 195—196, Bd. XIV. S. 477).

ist; und darin liegt es hauptsächlich begründet, daß z. B. bei Strickzwirn — wie oben angegeben — das direkte Zusammendrehen von mehreren (6 und 8) Fäden zulässig ist. Ein grober, die betroffenen Theile des Zwirns unbrauchbar machender Fehler aber ist es, wenn streckenweise ein Faden gerade liegt, während der andere in weiten Schraubengängen um denselben herumläuft. Solcher Zwirn heißt hohlsträngig oder meiseldrähtig, und dergleichen Stellen entstehen da, wo im Augenblicke des Zusammendrehens die neben einander liegenden Fäden in einem sehr ungleichen Grade von Anspannung sich befinden.

In jedem Falle wird durch die Zwirnung der Faden merklich verkürzt, und zwar desto mehr, je dicker (gröber) und je schärfer gedreht (daher durch seine Härte mehr der Zusammendrückung widerstehend) der einzelne Garnfaden ist, je mehr Fäden der Zwirn enthält, endlich je größer die Anzahl der Drehungen, welche der Zwirn auf bestimmter Länge empfängt.

II. Zwirnmaschinen. — Die Verfertigung aller Arten von Zwirn geschieht auf Maschinen (Zwirnmaschinen, Zwirnmühlen), welche eine größere Anzahl (z. B. 12, 24, 48, 60, 96 oder noch mehr) Zwirnfäden zugleich darstellen. Leinen- und öfters auch Baumwollgarn wird naß gezwirnt, damit es in Folge vergrößerter Weichheit sich leichter und dichter zusammendreht; bei schwach gedrehten baumwollenen Zwirnen (für die Weberei, zum Stricken 2c.) ist das Benetzen unnöthig, dagegen wendet man auf baumwollene Nähzwirne öfters statt des Wassers dünne gekochte Stärke an, wodurch der Faden größere Glätte und Festigkeit erlangt. Naß bereiteter Zwirn muß ohne Verzug zu Strähnen gehaspelt und getrocknet werden, weil er an Haltbarkeit verliert, wenn man ihn längere Zeit feucht auf Spulen oder in Kötzern aufgewickelt läßt.

A. Die jetzt am meisten gebräuchlichen Zwirnmaschinen gleichen in dem Allgemeinen ihres Baues den Spinnmaschinen, und zwar am öftesten der Water-Spinnmaschine, seltener (und nur für Baumwolle) der Mule- oder Jenny-Spinnmaschine, wonach Water-, Mule- und Jenny-Zwirnmaschinen zu unterscheiden sind. Diese Verwandtschaft ist in der Aehnlichkeit des Zwecks naturgemäß begründet. Die Aufgabe der Spinnmaschine stellt sich als eine drei-

fache dar: das Ausziehen oder Strecken des Vorgespinnstes zur Feinheit des Garnfadens; das Drehen des Fadens; das Aufwinden desselben. Beim Zwirnen fällt die erste dieser drei Leistungen weg, weil bereits fertige Fäden gegeben sind, um deren Vereinigung es sich nur handelt; demnach tritt an die Stelle des Streckwalzensystems der Water- und Mule-Spinnmaschine beim Zwirnen eine bloß aus zwei oder drei (glatten) eisernen Walzen — oft sogar nur aus einer einzigen Walze — gebildete Vorrichtung, welche die neben einander liegenden Garnfäden den Spindeln zuführt, und letztere verrichten das Drehen und Aufwinden genau so, wie die Spindeln der Spinnmaschine.

1) Die wesentliche Einrichtung einer Water-Zwirnmaschine kann mittelst der Durchschnittsabbildung der Water-Spinnmaschine, Taf. 15, Fig. 9 des Hauptwerks (s. daselbst Bd. I. S. 567) erläutert werden. Anstatt der Vorgespinnstspulen a sind mit einfachem Garn gefüllte (entweder direkt einer Water-Spinnmaschine entnommene oder auf einer Spulmaschine hergestellte) Spulen lose und leicht drehbar auf eisernen Stiften aufgesteckt. Da zu jedem Zwirnfaden 2, 3 oder 4 Garnfäden erfordert werden, so ordnet man diese Spulen in zwei, drei oder vier Reihen hinter einander an und nimmt je einen Faden aus jeder Reihe. Unwesentlich, aber für die Ableitung der Fäden bequem ist es, daß man gewöhnlich den Garnspulen eine geneigte (nach den Spindeln fg hin überhängende) Stellung gibt. Von den Spulen aus gehen die Fäden nach den an Stelle der Streckwalzen bcd angebrachten Vorziehwalzen. Damit diese ein regelmäßiges und gleichförmiges Herbeiführen der Fäden bewirken, ist einfaches Hindurchleiten der letzteren zwischen zwei Walzen nicht genügend, zumal geriffelte Walzen (wie jene der Spinnmaschinen) hier nicht anwendbar sind; es muß im Gegentheil für Berührung der Fäden mit einem größeren Theile des Walzenumkreises Sorge getragen werden. In dieser Absicht verfährt man jedoch auf verschiedene Weise. Besteht das Vorziehwerk aus zwei Walzen (denen man 30 bis 50 Millimeter Durchmesser geben kann), so läßt man die Fäden unter der Unterwalze hervortreten, zwischen den Walzen von vorn nach hinten durchgehen und um die Oberwalze herum wieder nach vorn laufen, wonach also die vordere Hälfte der Unterwalze und die hintere Hälfte der Ober-

walze umschlungen ist. Oder man leitet die Fäden zuerst zwischen beiden Walzen hervor, um die eine (obere oder untere) Walze herum wieder nach hinten, in 0,10 bis 0,12 Meter Entfernung von den Walzen durch einen feststehenden Glasring, endlich von hier zum zweitenmale zwischen den Walzen durch nach vorn und so den Spindeln zu. Oefters sind drei Vorziehwalzen da, nämlich zwei Unterwalzen von 30 Millimeter Durchmesser in 60 Millim. Abstand von Mittel zu Mittel, und eine 50 Millim. dicke, auf und zwischen jenen liegende, mithin beide berührende Oberwalze; in diesem Falle gehen die Fäden zwischen der hinteren Unterwalze und der Oberwalze ein, treten zwischen dieser und der vorderen Unterwalze aus, umschließen also etwas über ein Viertel vom Umkreise der Oberwalze. Man findet auch Maschinen mit einer einzigen Vorziehwalze; die Fäden kommen dann oben auf dieser Walze an, umschlingen deren Vorderseite, gehen unter der Walze zurück, in einiger Entfernung hinter derselben durch einen Glasring, noch einmal vorn um die Walze herum und zurück nach dem Glasringe, endlich von diesem aus oberhalb der Walze hervor nach den Spindeln.

Soll naß gezwirnt werden, so kann die Benetzung der Fäden vor ihrem Zusammendrehen auf verschiedenen Wegen geschehen. Der gewöhnlichste besteht darin, daß man die Fäden, bevor sie zwischen die Vorziehwalzen eintreten, unter einer horizontalen runden Glasstange durchgehen läßt, welche in einem schmalen Wassertroge angebracht ist. Bei der vorstehend angegebenen Einrichtung mit nur einer Vorziehwalze wird diese selbst in den Wassertrog gelegt, wo sie mit ihrem untersten Theile eintaucht. Die Walzen überhaupt werden zum Naßzwirnen mit Messing überzogen oder ganz von Messing gemacht, um Rost zu vermeiden. Um das Stärken des Zwirns (S. 474) auf der Zwirnmaschine zu bewirken, bringt man statt des Wassertroges einen ähnlichen Trog mit gekochter Stärke an: in welchem eine mit Flanell umkleidete Walze gelagert ist: die Fäden berühren auf ihrem Wege nach dem Vorziehwerk diese Walze von oben und empfangen dadurch genug von dem Kleister; zugleich dreht diese Walze sich in solcher Weise um, daß sie die Fäden entgegengesetzt der Richtung ihres Fortschreitens streicht, also die Fäserchen derselben gleichsam niederbürstet und so dem Zwirn größere Glätte ertheilt.

Die Spindeln der Water-Zwirnmaschinen, welche in Bau und Wirkung gänzlich mit jenen der Water-Spinnmaschinen übereinstimmen, tragen Spulen von 0,08 bis 0,10 Meter Höhe (im Lichten zwischen den Endscheiben gemessen) und werden mit solcher Geschwindigkeit umgetrieben, daß sie 2000 bis 4500 Umläufe per Minute machen, natürlich am meisten bei Fabrikation stark gedrehter Zwirngattungen; nach dem Maße der beabsichtigten Drehung ist in jedem einzelnen Falle die Geschwindigkeit der Vorziehwalzen anzuordnen. Machten z. B. die Spindeln 3600 Umläufe, sollte der Zwirn 24 Drehungen auf je 25 Millimeter Länge empfangen und hätte die vom Räderwerk getriebene Unterwalze des Vorziehwerks 38 Millim. Durchmesser, so ergäben sich für diese Walze

$$\frac{3600 \times 25}{24 \times 38 \times 3{,}14} = 31{,}42 \text{ Umgänge}$$

auf 1 Minute, wodurch jede Spindel 3,75 Meter Zwirn erzeugt (die beim Zwirnen entstehende Verkürzung außer Acht gelassen).

In einzelnen Punkten kommen an den Water-Zwirnmaschinen mancherlei Abweichungen vor. So hat man auch bei ihnen, wie bei Spinnmaschinen, den Betrieb der Spindeln durch Friktionsscheiben statt der Würtel und Schnüre in Anwendung gebracht. Zuweilen baut man sie so, daß den einzelnen Garnfäden vor ihrer Vereinigung eine Drehung gegeben wird, welche die aus der Zwirnung entstehende Einbuße an Drall (S. 472) aufhebt, so daß im Zwirn die Garne mit dem ihnen ursprünglich eigenen (oder selbst einem noch höheren) Grade von Drehung enthalten sind. Man versieht sie ferner mit selbstthätigen Vorrichtungen, durch welche die Garnzuführung sofort eingestellt, ja sogar die betreffende Spindel zum Stillstand gebracht wird, sobald der Zwirnfaden abreißt oder ein einzelner Garnfaden ausbleibt (s. Polytechnisches Centralblatt, Jahrg. 1857, S. 703; 1862, S. 591; 1865, S. 787).

2) Die Mule-Zwirnmaschine, deren Anwendung hauptsächlich bei Fabrikation der feinsten Zwirne stattfindet, unterscheidet sich von der (im Artikel Baumwollspinnerei beschriebenen) Mulemaschine zum Spinnen wesentlich durch Folgendes: 1) Statt der drei Paare Streckwalzen ist ein einziges Paar glatter Vorziehwalzen vorhanden, wodurch in dieser Beziehung eine vollkommene Aehnlichkeit mit der in Streichwollspinnereien gebräuchlichen Zy-

linder=Spinnmaschine (Hauptwerk Bd. XIX. S. 149) hervorgeht. 2) Da das hier zu zwirnende Garn stets auf Mulemaschinen gesponnen, also vom Spinnen her nicht auf Spulen gewunden, sondern in Gestalt von Kötzern (cops) erzeugt ist, so werden, um das Uebertragen auf Spulen zu ersparen, direkt diese Kötzer in der Zwirnmaschine aufgesteckt, wo sie die Fäden behufs des Zwirnens abgeben. 3) Beim Spinnen bewegt sich der ausfahrende Spindelwagen mit etwas größerer Geschwindigkeit als der Umkreis des letzten Streckwalzenpaares, um den Fäden noch während sie die Drehung empfangen eine geringe Streckung beizubringen; auf der Zwirn=Mule kann dieß nicht sein, es müßte im Gegentheile — wegen der durchs Zwirnen eintretenden Verkürzung der Fäden — das Fortschreiten des Wagens ein wenig langsamer geschehen als die Zuführung der Fäden mittelst der Vorziehwalzen, wenn nicht die Dehnbarkeit und Elastizität der Fäden den Unterschied ausgliche. 4) Es fällt beim Zwirnen die Nach= oder Dareindrehung weg, weil kein Hinderniß vorliegt, schon während des Ausfahrens die volle Drehung zu geben; das Einfahren und Aufwinden beginnt demnach unverweilt nach Beendigung des Auszugs, und der Wagen steht dazwischen nicht still.

3) Einfacher als die Mule=Zwirnmaschine, aber in ihrer Wirkungsweise wesentlich damit übereinstimmend ist die J e n n y = Z w i r n m a s c h i n e, deren Bau in den Hauptpunkten dem der älteren Streichwoll=Spinnmaschine (Hauptwerk Bd. XIX. S. 132) gleicht. Die Spindeln verändern darin ihren Ort nicht; dagegen ist ein Wagen vorhanden, auf welchem sich die Presse befindet und der zugleich die Kötzen von einfachem Mulegarn trägt. Die von letzteren entnommenen Fäden gehen, bevor sie in die Presse gelangen, über eine breite, oberwärts rundlich gestaltete und mit Flanell oder Filz bekleidete Latte, welche dieselben glättet. Steht die Presse geschlossen in ihrer größten Entfernung von den Spindeln, so drehen letztere vermöge ihres Umlaufens die zwischen ihnen und der Presse ausgespannten Fäden zusammen. Ist der erforderliche Grad von Zwirnung gegeben, so wird die Presse behufs des Aufwindens den Spindeln allmählich und zuletzt vollständig genähert; dann aber geöffnet, schnell wieder auf ihren ersten Platz zurückgeführt und neuerdings geschlossen, wonach ohne Weiteres das Zwirnen einer neuen

Fadenlänge stattfindet, welche sich durch Bewegung der Presse von den Spindeln weg von den Kötzern abgezogen hat. Ein Paar etwas verschiedene Maschinen dieser Art sehe man im Polytechnischen Centralblatt, neue Folge, Bd. 6 (1845), S. 145, und Jahrgang 1857, S. 701.

B. Eine zweite Hauptgattung der Zwirnmaschinen hat das Charakteristische, daß die Zwirnung durch die Umdrehung derselben Spindeln bewirkt wird, auf deren Spulen die ungezwirnten Garnfäden sich befinden, der entstehende Zwirn aber nicht auf Spindeln oder Spulen, sondern auf eine Weife (einen Haspel) aufgewickelt und so unmittelbar zu Strähnen gebildet wird. Dieses Umstandes wegen pflegt man die derartigen Maschinen auch Doublirweife zu nennen. Sie eignen sich vorzugsweise zur Darstellung schwach gedrehter Zwirne für die Weberei, Strickerei und Strumpfwirkerei. Es ist davon wieder eine ältere und eine neuere Konstruktion zu unterscheiden.

1) Für die Maschinen älterer Art muß das Garn vorläufig doublirt werden. Diese Vorbereitung, welche darin besteht, daß man mittelst des Spulrades oder einer Spulmaschine so viele Fäden als vereinigt werden sollen, parallel neben einander liegend auf eine Spule windet, nimmt nicht nur Zeit und Arbeit in Anspruch, sondern gibt auch leicht Gelegenheit zu etwas ungleicher Länge der Fäden im Zwirn, wodurch hohlsträngige Stellen (S. 474) entstehen oder wenigstens die Schönheit des gezwirnten Fadens leidet. Eine Anzahl solcher mit mehrfachem Garn bewickelter Spulen wird lose auf senkrechte eiserne Spindeln gesteckt, welche in zwei geraden parallelen Reihen (weniger gut in einer Ellipse oder gar im Kreise) stehen. Jede Spindel enthält nahe an ihrem unteren Ende eine Rolle, und mittelst dieser Rolle werden sämmtliche Spindeln durch einen einzigen Riemen ohne Ende von einer Scheibe oder Trommel aus in schnelle Umdrehung gesetzt. Auf dem oberen Ende jeder Spindel sitzt ein eiserner Flügel gleich jenem der Spindel an den Water-Spinnmaschinen, der hier aber die entgegengesetzte Bestimmung hat, nämlich dazu dient, den (mehrfachen) Faden von der Spule heraus aufwärts in eine senkrechte Richtung zu eiten. Oberhalb der Spindeln liegt der lange horizontale Haspel, welcher durch die ihm mittelst einfachen Räderwerks gegebene Um-

drehung die nach ihm heraufkommenden Fäden an sich zieht und zu eben so vielen Strähnen aufwindet als Spindeln da sind (z. B. 12 bis 24). Auf dem Wege von den Spindeln zu dem Haspel erleiden die Fäden das Zusammendrehen, welches durch den Umlauf der Spindeln bewirkt wird; und der vom Haspel aus geübte Zug nöthigt die Fäden, sich im erforderlichen Maße von ihren Spulen abzuwickeln. Es ergibt sich von selbst, daß die Richtung, in der die Spindeln umlaufen, eben die sein muß, womit ihr Flügel den Faden um die Spule aufzuwickeln strebt. Würde nicht der Haspel die Fäden anziehen, so müßte die Spule gerade ebenso viele Umdrehungen machen wie die Spindel vollbringt; die vom Haspel geforderte Abwickelung des Fadens erzwingt aber eine der konsumirten Fadenlänge entsprechende weitere Anzahl von Spulenumläufen, welcher Ueberschuß sich stets von selbst so regulirt, daß die Fäden gehörig angespannt bleiben. So viel Umläufe die Spindeln während eines Haspelumganges machen, so viel Drehungen erhält der Zwirn auf eine Länge, welche dem Haspelumfange gleich ist; und da die Spindelgeschwindigkeit bei regelmäßigem Betriebe eine konstante ist, so ergibt sich hieraus für jeden besonderen Fall, wie man durch Wechselgetriebe die Geschwindigkeit des Haspels abzuändern hat. Machten z. B. die Spindeln 800 Umdrehungen in 1 Minute, betrüge der Umfang des Haspels 1,5 Meter und verlangte man Zwirn mit 4 Drehungen auf je 25 Millimeter, so müßte der Haspel

$$\frac{800 \times 25}{4 \times 1500} = 3\tfrac{1}{3} \text{ Umgänge}$$

in 1 Minute vollbringen und es lieferte dann jede Spindel in jeder Minute ungestörter Arbeit 5 Meter Zwirn.[1]

2) Die neuere Doublirweise, bei welcher das gemeinschaftliche Aufspulen der zu vereinigenden Garnfäden umgangen wird, hat folgende Einrichtung: Zwei gerade Reihen senkrechter Spindeln stehen einander gegenüber, und zwischen ihnen liegt eine horizontale hölzerne Trommel, welche von der Betriebskraft umgedreht wird, selbst

[1] Die Seidenzwirnmaschine (Hauptwerk Bd. XIV S. 387) stimmt mit der so eben hier beschriebenen Doublirweise im Prinzip überein, nur daß die Fäden nicht insgesammt auf einen Haspel, sondern einzeln auf Spulen gewickelt werden.

aber durch Schnüre ohne Ende die Spindeln einzeln (unabhängig von einander) in Umlauf setzt. Für 24 Spindeln, zwölf in jeder Reihe, ist die Maschine 2,35 Meter lang, und in dieser ganzen Ausdehnung erstreckt sich die Trommel hin, welche 0,37 Meter im Durchmesser hat. Die Schnurrollen der Spindeln messen 37 Millimeter, so daß 10 Umläufe jeder Spindel auf einen Umgang der Trommel kommen. Jede Spindel ist 0,34 Meter lang und trägt nahe an ihrem oberen Ende eine kreisrunde horizontale hölzerne Scheibe von 0,15 Meter Durchmesser. Auf letzterer sind, in gleichen Abständen auf einer Kreislinie vertheilt, 3, 4, 5 oder 6 senkrechte hölzerne Stifte von 0,075 Meter Länge feststehend angebracht, deren jede eine mit einfachem Garne bewickelte lose aufgesteckte Spule oder einen der von Mule-Spinnmaschinen entnommenen Kötzer (Cops) trägt. Die Fäden dieser Spulen oder Kötzer laufen — in Furchen eines auf der Spitze der eisernen Spindel befestigten kegelförmigen hölzernen Knopfes hingehend, — über dem Gipfel dieses Kegels zusammen, gehen mit einander durch einen am Gestelle befindlichen Drahtring und endlich auf einen Haspel, der mitten in der Maschine, gerade über der Schnurtrommel und parallel mit derselben, liegt. Der Aufwickelung wegen gelangen die Fäden der einen Spindelreihe von oben, jede der andern Reihe von unten auf den Haspel. Dieser ist sechsarmig, so lang wie die ganze Maschine; sein Umfang beträgt 1,37 Meter. Seine langsame Umdrehung empfängt er von der Trommel aus, indem die Achse dieser letzteren eine kleine Schnurscheibe trägt, welche mittelst ihrer Schnur ohne Ende eine größere Scheibe umdreht. An dieser sitzt eine zweite kleine Scheibe, durch deren Schnur eine zweite große Scheibe bewegt wird. Diese endlich besitzt ein Getrieb, welches in ein Zahnrad am Ende der Haspelwelle eingreift. Trommel und Haspel drehen sich in einerlei Richtung um, aber letzterer (der beschriebenen Anordnung zufolge) viel langsamer als erstere. Indem der Haspel sich dreht, dadurch die Fäden um sich aufwickelt, zieht er dieselben von den Spulen ab und das Umlaufen der eisernen Spindel, welche die Spulen trägt, bewirkt durch den Kreislauf dieser letzteren die Zwirnung. Der Haspel macht z. B. bei 36 Trommelumgängen, also bei 360 Spindelnumläufen, eine Umdrehung; die 1,37 Meter betragende Fadenlänge, welche er währenddem aufwickelt, empfängt also 360 Drehungen,

wonach unbedeutend mehr als $6\frac{1}{2}$ auf 25 Millimeter fallen. Man ändert dies nach Erforderniß ab, indem man Schnurscheiben oder ein Getriebe von verschiedener Größe aufsteckt. Das zweite Ende der Haspelwelle ist mit einer Schraube ohne Ende versehen, die in ein Stirnrad von so vielen Zähnen eingreift, als Fäden zu einem Gebinde Zwirn gehören. Ein Stift auf der Fläche dieses Rades schnellt, bei jedem Umgange dieses letztern ein Mal, eine Feder, deren Anschlagen an das Gestell hörbar das Zeichen gibt, daß ein Gebinde vollendet ist.

III. Verschiedene Gattungen der Zwirne. — Die Verschiedenheiten der Zwirne, welche durch die Gebrauchszwecke und mancherlei Nebenrücksichten bedingt werden, beruhen in dem Materiale, der Feinheit und der stärkeren oder schwächeren Drehung des angewendeten Garns, in der Anzahl der zusammengezwirnten Fäden und der Art ihrer Vereinigung (durch einmalige oder zweimalige Zwirnung, vergl. S. 472), endlich in der schärfern oder losern Drehung des Zwirns selbst. Die Veränderungen durch Bleichen, Färben und Appretiren kommen außerdem noch in Betracht. Bei der aus allen diesen Umständen sich ergebenden ungemein großen Mannichfaltigkeit des Fabrikats kann es nicht in der Absicht liegen, sämmtliche Arten desselben hier ausführlich zu besprechen. Aber eine etwas nähere Betrachtung der wichtigsten Gattungen und einige allgemeine Bemerkungen im Betreff der übrigen werden am rechten Platze sein. Allgemein mag über den Grad der Drehung noch folgendes bemerkt werden. Wie bei den Garnen (Supplemente Bd. I S. 335—336, Bd. III S. 687) muß auch bei den Zwirnen die Anzahl der Drehungen auf bestimmter Fadenlänge mit der Feinheit zunehmen um gleichstarken Drall zu erhalten; und es hat wieder die Formel $D = a \sqrt{\mathfrak{N}}$ Geltung, wenn man mit D die Anzahl Drehungen auf 25 Millimeter (nahezu 1 engl. Zoll) Länge, mit $\mathfrak{N}$ die Feinheitsnummer des Zwirnes und mit a einen aus der Praxis abzuleitenden Koeffizienten bezeichnet. Die Feinheitsnummer des Zwirnes resultirt aus der Nummer des Garns (N) und der Anzahl vereinigter Garnfäden (n) unter Berücksichtigung der durchs Zwirnen eintretenden Verkürzung. Da indessen letztere überhaupt nicht sehr beträchtlich und zudem in den meisten Fällen wenig ver-

änderlich ist, so kann sie allenfalls vernachlässigt, also $D = a\sqrt{\frac{N}{n}}$ gesetzt werden, wie im Folgenden geschehen soll. Wenn N, n und D bekannt sind, so ergibt sich $a = \frac{D}{\sqrt{\frac{N}{n}}}$.

1) Baumwollene Zwirne. — Gezwirnte Baumwollgarne (fast ohne Ausnahme Mulegarne) werden hauptsächlich zum Nähen, Stricken und Sticken (Näh-, Strick- und Stickzwirn, Näh-, Strick- und Stickgarn), ferner zu Spitzen und Bobbinnet, in der Weberei, Strumpfwirkerei und zu den Litzen der Webergeschirr angewendet.

a) Nähzwirn ist zwei-, drei-, vier oder sechsfädig, ausnahmsweise auch neunfädig, und kommt theils in Strähne gehaspelt, theils auf Spulen gewickelt (s. den Artikel Spulmaschinen im gegenwärtigen Bande, S. 113) in den Handel. Zweifädig sind die sogenannten Eisengarne, welche nicht nur zum Nähen, sondern auch in der Weberei gebraucht werden. Sie sind mit Stärke appretirt, wovon sie durchschnittlich etwa 6 Prozent ihres Gewichts enthalten. Ein untersuchtes Sortiment derselben ergab Folgendes:

Zahl der Fäden. (n)		Garn Nr.[1] (N)		Drehungen auf 25 Millimeter. (D)		Drehungs-Koeffizient. $a = \frac{D}{\sqrt{\frac{N}{n}}}$
2	—	16	—	17	—	6,01
2	—	20	—	20	—	6,32
2	—	24	—	22	—	6,35
2	—	30	—	24	—	6,17
2	—	40	—	28	—	6,26
2	—	60	—	34	—	6,21
2	—	80	—	40	—	6,32
2	—	90	—	42	—	6,26
					Mittel	6,24

[1] Es darf in Erinnerung gebracht werden, daß bei Baumwollgespinnsten die Feinheitsnummer ausdrückt wie viel Schneller, jeder von 840

Vergleicht man hiermit die Drehung der baumwollenen **Garne**, bei welchen der Koeffizient a nur = 2,7 bis 4,5 ist (Supplemente Bd. 1 S. 336), so gibt sich zu erkennen, daß beim Zwirnen (für Nähzwirn) eine viel stärkere Drehung zur Anwendung kommt als beim Spinnen. Die durch das Zwirnen eingetretene Verkürzung (gefunden aus der Verlängerung beim Aufdrehen) betrug bei allen obigen Sorten zwischen 5 und 6 Prozent.

Zwirne aus 3 und auch direkt aus 4 Garnfäden zusammengedreht kommen vor; aber der so bereitete 4fädige (Näh-) Zwirn fällt nur in feinen Sorten genügend schön aus (vergl. S. 472). Deßhalb sind die besten baumwollenen Nähzwirne 4-, 6- oder 9fädig in der Weise hergestellt, daß zuerst je 2 oder 3 Garnfäden zu einem Strange und hierauf 2 oder 3 solcher Stränge zum Zwirn vereinigt werden. Dabei befolgt man gewöhnlich das Verfahren, die erste Zwirnung (der Stränge) durch Rechtsdrehen, d. h. nach Art rechter Schraubengänge wie das Garn gesponnen ist, hingegen die zweite Zwirnung durch Linksdrehen zu bewerkstelligen. Die Untersuchung eines Sortiments baumwollener (auf Spulen käuflicher) Glanzzwirne lieferte nachstehende Resultate, wobei die angegebene Zahl der Drehungen sich auf die **zweite** Zwirnung (das schließliche Zusammendrehen der Stränge) bezieht:

	Garn Nr.	Drehungen auf 25 Millim.	Drehungs-Koeffizient a
Sechsfädig (3 Stränge von je 2 Fäden)	40	14 bis 15	5,42 bis 5,81
	80	20 „ 22	5,48 „ 6,03
	100	26 „ 28	6,37 „ 6,86
	120	27 „ 29	6,04 „ 6,48
	140	28 „ 30	5,80 „ 6,21
Vierfädig (2 Stränge von je 2 Fäden)	120	32 „ 35	5,84 „ 6,39
	140	34 „ 37	5,75 „ 6,25
	200	45 „ 48	6,36 „ 6,79

Das Mittel aus sämmtlichen hier verzeichneten Werthen von a ist 6,12 und stimmt auf überraschende Weise mit der für Eisengarne gefundenen Mittelzahl (6,24) überein.

Es wurden noch einige andere Sorten Nähzwirn (von den besten

Yards oder 768 Meter Fadenlänge, auf ein englisches Pfund = 453,59 Gramm gehen.

zum Gebrauch auf Nähmaschinen bestimmten) untersucht, wobei man Folgendes fand:

	Garn Nr.		Drehungen auf 25 Mm.		a =
Neunfädig (3 Str. zu 3 F.)	150	—	26	—	6,37
Sechsfädig (3 Str. zu 2 F.)	40	—	17	—	6,58
	120	—	32	—	7,15
Vierfädig (2 Str. zu 2 F.)	90	—	33	—	6,96
	140	—	35	—	5,92
				Mittel	6,60

Auch hier ist also der Drehungs-Koeffizient durchschnittlich demjenigen der beiden vorhergehenden Sortimente sehr nahe gleich; man wird denselben allgemein für baumwollene Nähzwirne = 6,3 setzen dürfen, d. h. fast 1½mal so groß als bei den stärkstgedrehten Baumwollgarnen.

b) Strickzwirn ist gewöhnlich 4-, 6- oder 8fädig, und wird stets durch direkte Vereinigung der ganzen Fädenanzahl mittelst schwacher Zwirnung gebildet. Es folgt hier das Resultat der Untersuchung mehrerer Sorten:

Zahl der Fäden		Garn Nr.		Drehungen auf 25 Mm.		Koeffizient a =		Verkürzung durch das Zwirnen, Prozent
4	—	10	—	3½	—	2,21	—	2
4	—	20	—	7⅔	—	3,43	—	3
4	—	40	—	9½	—	3,00	—	3
6	—	24	—	5	—	2,50	—	3
6	—	30	—	7	—	3,13	—	3½
6	—	50	—	11	—	3,81	—	4
8	—	8	—	3	—	3,00	—	4¼

Man sieht hier fast die Regel angedeutet, den Zwirn desto stärker zu drehen, aus je feinerem Garn er bei gleicher Fadenzahl besteht. Wollte man indessen einen Mittelwerth für den Drehungs-Koeffizienten ableiten — was jedoch bei der sehr bedeutenden Verschieden heit kaum ein praktisches Interesse hat — so würde sich a = 3 ergeben, d. h. nicht ganz halb so hoch als bei Nähzwirn, und in

diesem Sinne könnte man sagen, die Strickzwirne seien durchschnittlich kaum halb so stark gedreht als Nähzwirne.

Das zum Ausbessern der Strümpfe und anderer gestrickten Waren dienende **Stopfgarn** ist hier zu erwähnen. Es besteht aus 4, 6 oder 8 Fäden, welche entweder gar nicht oder äußerst schwach zusammengedreht und in Knäuel gewickelt sind. Beispielsweise fand sich eine Sorte, welche 8 einfache Garnfäden Nr. 50, durch 30 Drehungen auf 1 Meter (3/4 Drehung auf 25 Millim.) vereinigt, enthielt. Zwei andere Proben zeigten sich ohne wesentliche Drehung (vorhandene 5 bis 9 Drehungen auf Meterlänge verdankten offenbar nur dem Wickeln des Knäuels ihr Dasein) und bestanden aus 4 Fäden, welche aber nicht einfaches Garn, sondern ein sehr schwach gedrehter zweifädiger Zwirn — in dem einen Falle von Garn Nr. 36 mit 6 Drehungen, in dem andern Falle von Garn Nr. 60 mit 8 bis 9 Drehungen auf 25 Millim. — waren.

c) Die zur **Strumpfwirkerei** dienenden Zwirne sind zwei- oder dreifädig, schwach (nach Art der Strickzwirne) gedreht und aus Garn von sehr verschiedener Feinheit (Nr. 20 bis 200) verfertigt.

d) **Stickzwirn** kommt am meisten vierfädig und sechsfädig vor und ist dem Strickzwirn in jeder Beziehung ähnlich, sowohl was die Art der Zusammensetzung (durch direkte Vereinigung aller 4 oder 6 Fäden) als die schwache Drehung betrifft. Näheres hat die Untersuchung dreier Proben ergeben wie folgt:

Zahl der Fäden		Garn Nr.		Drehungen auf 25 Mm.		Drehungs-Koeffizient a =		Verkürzung durchs Zwirnen Prozent
4	—	20	—	$6\frac{1}{2}$	—	2,91	—	3
4	—	30	—	$8\frac{2}{3}$	—	3,16	—	$3\frac{1}{2}$
4	—	70	—	11	—	2,63	—	$2\frac{1}{2}$

Sechsfädige Stickzwirne werden aus feineren Garnen (Nr. 80 bis 140) gemacht.

e) Zu **Bobbinnet** und **Spitzen** verarbeitet man gewöhnlich zweifädigen Zwirn aus feinen Garnen (Nr. 100 bis 300, am öftesten 150 bis 180), dem die erforderliche Glätte durch Sengen gegeben wird (s. Supplemente Bd. I S. 348).

f) In der **Weberei** gebraucht man kaum andere als zweifädige und zwar meist mit schwacher Drehung gezwirnte (nach dem

Kunstausdrucke geschleifte) Garne; so namentlich zur Kette gewisser Stoffe, welche aus gefärbtem Garne gewebt werden (daher nicht dem Auswaschen unterliegen) und einen weichen Griff haben sollen: der Faden gewinnt nämlich durch die Zwirnung mehr Glätte und diejenige Festigkeit, welche man dem einfachen Kettengarne durch Leim oder Schlichte geben müßte; er bleibt dabei (weil er solcher Mittel entbehren kann) weich und geschmeidig. Die Eisengarne (S. 483) finden mitunter Anwendung als Einschuß in seidene Ketten, um durch ihren eigenen Glanz das Ansehen des halbseidenen Stoffs zu heben. Wie in zwei- oder mehrfädigem Einschusse eine schwache Zwirnung mittelst der Weberschütze beim Weben selbst erreicht, also das vorgängige Zusammendrehen der Fäden erspart werden kann, ist im Artikel Weberei, Bd. XX S. 501, angegeben.

g) Litzenzwirn (zu Webergeschirren) steht zwar, aus Baumwollgarn gemacht, an Festigkeit und Dauerhaftigkeit dem leinenen nach, wird aber doch sehr oft angewendet. Eine untersuchte Probe war aus 8 Garnfäden Nr. 22 direkt (nach Art des Strickzwirns) zusammengesetzt und enthielt $4\frac{1}{2}$ Drehungen auf 25 Millimeter (Drehungs-Koeffizient $a = 2{,}71$). Eine andere Probe bestand aus 9 Garnfäden Nr. 30 mit 6 Drehungen auf 25 Mm. ($a = 3{,}29$; Verkürzung durch das Zwirnen $2\frac{1}{2}$ Prozent).

2) Leinene Zwirne (aus Flachsgarn, seltener Werg- und Hanfgarn). — Man gebraucht leinenen Zwirn zum Nähen, und Stricken, zur Verfertigung der Spitzen, zuweilen in der Weberei statt einfachen Garnes als Kette oder Einschuß einiger Zeuge, zu den Litzen der Webergeschirre (Litzenzwirn, Kammzwirn) und zu einigen minder bedeutenden Zwecken. Da Leinengarne im Allgemeinen bei weitem nicht zu so hohen Feinheitsgraden gesponnen werden wie Baumwollgarne, so ist der Leinenzwirn meist zwei-, seltener drei- oder 4fädig, und nur in wenigen Fällen aus einer größeren Anzahl Garnfäden zusammengesetzt.

a) Nähzwirn wird zwei- und dreifädig aus Garn von den Feinheitsnummern 5 bis 200 und darüber verfertigt[1]; seine

[1] Die Nummern des Leinengarns sprechen aus, wie viel Gebinde, jedes von 300 Yards oder 274,3 Meter Fadenlänge, zusammengenommen ein englisches Pfund (453,59 Gramm) wiegen.

Beschaffenheit geht aus nachstehenden Beispielen hervor, welche mit einer einzigen Ausnahme, zweifädige Zwirne betreffen:

Zahl der Fäden		Garn Nr.		Drehungen in 25 Mm.		Drehungs-Koeffizient a		Verkürzung, Prozent
2	—	20	—	14	—	4,43	—	4
2	—	22	—	15	—	4,52	—	$4^1/_2$
2	—	25	—	16	—	4,52	—	$4^1/_2$
2	—	30	—	14	—	3,61	—	4
2	—	35	—	16	—	3,82	—	5
2	—	35	—	17	—	4,06	—	$5^1/_2$
3	—	55	—	18	—	4,28	—	6
2	—	50	—	21	—	4,20	—	5
2	—	80	—	22	—	3,48	—	4
2	—	100	—	28	—	3,96	—	6
2	—	120	—	29	—	3,74	—	$5^1/_6$
						Mittel 4,06		

Wenn man den vorstehenden Durchschnittswerth des Koeffizienten a vergleichbar machen will mit jenem für baumwollenen Nähzwirn so hat man zu berücksichtigen, daß der Baumwollgarn-Schneller 2,8 mal so viel Fadenlänge enthält als das Gebinde Leinengarn nach englischem Haspel, mithin für gleiche Feinheit (sofern diese nicht nach dem Ansehen, sondern durch das Gewicht bestimmt wird) die Nummern des Leinengarns 2,8 mal größer sind als jene des Baumwollgarns. In dem Ausdruck $a = \frac{D}{\sqrt{\frac{N}{n}}}$ hat man folglich N (die Leinengarn-Nummer durch 2,8 zu dividiren, und danach fällt der Werth von a im Verhältnisse $\sqrt{2,8} : 1$ d. i. 1,673 : 1 größer aus. Nun ist $4,06 \times 1,673 = 6,79$ — nicht beträchtlich verschieden von 6,3, dem bei baumwollenem Nähzwirn gefundenen Durchschnittswerth für a (S. 485). Für die extremen Größen 3,48 und 4,52 findet man auf dieselbe Weise 5,82 und 7,56, während unter den baumwollenen Nähzwirnen als äußerste Werthe 5,42 und 7,15 beobachtet sind, wonach man wohl berechtigt ist zu sagen, daß im Allgemeinen die Nähzwirne aus Baumwolle und aus Flachs wesentlich gleichstarke Drehung haben.

Hiermit stimmen auch sehr gut die Beobachtungen an vier Nummern Hanfzwirn, welche aus einem größeren Sortimente zur Untersuchung ausgewählt wurden:

Zahl Fäden		Garn Nr.		Drehungen in 25 Mm.		Koeffizient a =		Verkürzung Prozent
2	—	15	—	12	—	4,38	—	$2^1/_2$
2	—	25	—	14	—	3,96	—	4
2	—	35	—	15	—	3,59	—	$3^1/_2$
2	—	50	—	18	—	3,60	—	$^1/_2$
				Mittel		3,88		
oder, auf Baumwoll-Nummern bezogen, ...						6,49		

b) Leinener Strickzwirn wird zwei-, drei- oder vierfädig aus Garnen Nr. 6 bis etwa 80 angefertigt, kommt jedoch gegenwärtig viel seltener vor als früher, indem er fast allgemein durch den baumwollenen verdrängt ist. Zwei zur Untersuchung gezogene Proben zeigen, daß die Stärke der Drehung innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt:

Zahl der Fäden		Garn Nr.		Drehungen in 25 Mm.		Koeffizient a =		Verkürzung, Prozent
4	—	40	—	11	—	3,48	—	$6^1/_4$
4	—	50	—	4	—	1,13	—	$1^1/_4$

Die erste Sorte ist so drall gezwirnt wie ein mäßig gedrehter Nähzwirn; die zweite aber erreicht in dieser Beziehung noch nicht die baumwollenen Strickzwirne, indem der Koeffizient 1,13 auf den für Baumwolle geltenden Maßstab (wie vorstehend angezeigt) reduzirt $= 1{,}13 \times 1{,}673 = 1{,}89$ wird, während für Strickzwirne aus Baumwolle $a = 2{,}21$ bis 3,81 gefunden wurde (S. 485).

c) Spitzenzwirn ist zweifädig aus Garnen von den Feinheits-Nummern 120 bis 1500 hergestellt.

d) Litzenzwirn hat man 3-, 4-, 5- und 6fädig, und er wird nach Art des Nähzwirns stark gedreht, weil er rund und glatt sein muß; es kommen dazu gewöhnlich Garne von Nr. 30 bis 50 in Anwendung. Eine dreifädige Sorte aus Garn Nr. 35 enthielt $12^1/_2$ Drehungen in 25 Millimeter (Drehungs-Koeffizient $a = 3{,}66$).

e) Zu den in der Weberei verwendeten Zwirnen gehören die groben Sorten, woraus verschiedene Arten von Gurten hergestellt

werden (Hauptw. Bd. VII S. 264), feinere zu den Zwirnbändern (Hauptw. Bd. I S. 420), u. s. w.

3) Gezwirnte wollene Garne, namentlich aus der Klasse der Kamm- und Halbkammgarne, finden zum Weben verschiedener ganz- und halbwollener Zeuge, ferner

als Strick- oder Strumpfgarne (2-, 3-, 4-, seltener mehrfädig aus Garnen Nr. 6 bis 75 englisch oder Nr. 4 bis 50 deutsch[1] zum Stricken und in der Strumpfwirkerei,

als Posamentiergarne (2- bis 4fädig aus Nr. 4 bis 36 engl.) zu wollenen Borden, Sattelgurten u. dgl. — s. Hauptw. Bd. VII S. 264, so wie zur Anfertigung von Schnüren (Bd. XIII S. 204),

als Stick- oder Tapisseriegarne und Häkelgarne (2- bis 8fädig aus Nr. 18 bis 30 engl.) zur Wollstickerei (Tapisserie) und zu gehäkelter Arbeit,

als Litzengarn (bis 10fädig aus Nr. 40 engl.) zu Webergeschirren

Anwendung. Einige Beispiele mögen genügen:

a) Strickzwirne aus Halbkammgarn, vier untersuchte Sorten

Zahl der Fäden	Garn engl. Nr.	Garn deutsche Nr.	Drehungen in 25 Mm.	Koeffizient a für die engl. Nr.	Koeffizient a für die deutsche Nr.
6	12	8	2	1,41	1,73
4	14	9⅓	2½	1,34	1,64
4	16	10⅔	2¼	1,13	1,38
4	18	12	2½	1,18	1,44
			Mittel	1,26	1,55

In diesen Fällen ist die Zwirnung bedeutend schwächer (nämlich durchschnittlich nur halb so stark), als bei den baumwollenen Strickzwirnen (S. 485).

b) Vierfädiges Tapisseriegarn, sogenannte Zephirwolle, bestand aus Halbkammwollgespinnst Nr. 21 engl. oder 14 deutsch. Der Grad der Zwirnung kann hier nicht leicht festgestellt werden, weil

[1] Die Nummer zeigt in beiden Fällen an, wie viel Schneller auf ein englisches Pfund gehen, aber die Fadenlänge des Schnellers beträgt nach deutschem Haspel 840 Yards (768 Meter), nach englischem Haspel nur 560 Yards (512 Meter). Das deutsche Nummernsystem ist mit dem für Baumwollgespinnste identisch.

der Faden wegen seiner großen Elastizität einer ansehnlichen Streckung fähig ist. In der That zeigte die Probe auf 25 Millimeter Länge

unangespannt 2,2
durch 10 Gramm gespannt . . . 2
durch 35 Gramm gespannt . . . 1⅓ Drehungen.

Beim Zwirnen mag wohl ungefähr der zuletzt bezeichnete Grad von Anspannung stattgefunden haben; unter dieser Voraussetzung ergibt sich der Drehungskoeffizient a bei Zugrundelegung der englischen Garn-Nummer = 0,545 und für die deutsche Nummer = 0,668.

c) Posamentiergarne, und zwar im Besondern:

aa) Kette zu Sattelgurte (Hauptwerk Bd. VII. S. 164);
bb) Einschuß zu derselben Gurte[1];
cc) Grundkette zu Wagenborde (Noppenborde, Hauptw. Bd. II. S. 608);
dd) Polkette zu den Noppen derselben Borde;
ee) Kette zu Militär-Borde (Hauptw. Bd. II. S. 706).
ff, gg, hh) zu Schnüren;
ii) Polkette zu Brüsseler Teppich (Hauptw. Bd. XX. S. 536)[2].

Zahl der Fäden	Garn engl. Nr.	Garn deutsche Nr.	Drehungen in 25 Mm.	Koeffizient a für die engl. Nr.	Koeffizient a für die deutsche Nr.
aa) 3	20	13⅓	6	2,32	2,85
bb) 2	9	6	1,6	0,75	0,92
cc) 2	24	16	7	2,02	2,48
dd) 2	24	16	8	2,31	2,83
ee) 2	26	17⅓	7	1,94	2,38
ff) 2	20	13⅓	5,6	1,77	2,17
gg) 2	22	14⅔	5,4	1,63	2,00
hh) 2	24	16	10	2,89	3,47
ii) 2	15	10	4	1,46	1,79

4) Gezwirnte Seide. Hiervon handelt ausführlich der Artikel Seidenfabrikation im Hauptwerk Bd. XIV. S. 360—411. Es wird daher genügen, an gegenwärtiger Stelle kurz in Erinnerung

[1] Dieser gezwirnte Faden wird fünffach liegend eingeschossen.

[2] Die Grundkette des Teppichs ist einfaches Hanfgarn Nr. 4 bis 5, der Einschuß eben solches Garn Nr. 5 bis 6 (nach der für Leinengarne üblichen englischen Bezeichung, s. S. 487 Anmerkung).

zu bringen, daß die gezwirnten Seidengattungen von zweierlei Beschaffenheit rücksichtlich ihrer Zusammensetzung sind. Einige entstehen durch Zusammenzwirnen von Rohseidenfäden; andere werden dargestellt, indem man solche gezwirnte Fäden zu 2 oder 3 mittelst einer abermaligen Zwirnung vereinigt. Von der ersten Art sind: Organsin, Trama, Tors sans filé, Marabout, geringere Näh- und Strickseide, Stickseide; von der zweiten Art: bessere Näh- und Strickseide, Cusirino, kordonnirte Seide.

K. Karmarsch.

Alphabetisches Register

über

sämmtliche 25 Bände

der

Technologischen Encyklopädie.

Alphabetisches Sachregister

über sämmtliche 25 Bände der Technologischen Encyklopädie.

(Band 21 — 25 sind die 5 Supplementbände.)

Bemerkung. Die Nummern der Bände sind mit fetten Ziffern gedruckt und hierdurch deutlich von den Seitenzahlen unterschieden.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

X.

Y.

Z.